ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1930.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON LECORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques formes intégrables d'une équation de Monge.* Note de M. E. GOURSAT.

1. J'ai signalé déjà quelques cas particuliers où une équation de Monge à deux variables indépendantes [1]

$$\Omega = \Sigma A_{ik}\, dx_i\, dx_k = 0 \qquad (i, k = 1, 2, 3, 4) \tag{1}$$

peut être intégrée sous forme explicite. Les coefficients A_{ik} sont des fonctions de x_1, x_2, x_3, x_4, vérifiant les conditions $A_{ik} + A_{ki} = 0$, et l'équation (1) est équivalente à l'équation

$$\Sigma A_{ik} \frac{D(x_i, x_k)}{D(u, v)} = 0,$$

u, v désignant deux variables indépendantes quelconques. Ces cas d'intégrabilité sont les suivants :

1° La forme symétrique gauche Ω est le produit symbolique de deux formes linéaires de Pfaff $\Omega = \omega_1 \omega_2$. Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que les coefficients A_{ik} vérifient la relation

$$A_{12}A_{34} + A_{13}A_{42} + A_{14}A_{23} = 0. \tag{2}$$

Si cette condition est vérifiée, les formes de Pfaff ω_1, ω_2 se déterminent par des calculs linéaires, et l'intégration de l'équation $\Omega = 0$ est équivalente à celle de l'équation de Pfaff

$$\omega_1 + \lambda\omega_2 = 0,$$

à cinq variables x_1, x_2, x_3, x_4, λ.

---

[1] *Bulletin des Sciences mathématiques*, 52, 1928, p. 392; 53, 1929, p. 196.

2° L'équation $\Omega = 0$ peut être ramenée, par un changement de variables, à la forme intégrable

$$(3) \qquad dP\,dX + dQ\,dY = 0,$$

X, Y, P, Q étant quatre fonctions distinctes des variables x_i. Si l'on prend X et Y pour variables indépendantes, l'équation précédente s'écrit

$$\frac{\partial P}{\partial Y} = \frac{\partial Q}{\partial X}$$

et s'intègre immédiatement. Pour que l'équation $\Omega = 0$ puisse être ramenée à la forme (3), il faut et il suffit que Ω admette un facteur intégrant, c'est-à-dire qu'il existe une fonction $\mu(x_1, x_2, x_3, x_4)$ telle que la forme dérivée $(\mu.\Omega)'$ soit nulle. Les coefficients A_{ik} doivent satisfaire à certaines conditions d'intégrabilité (voir plus bas, n° 2).

3° Enfin l'équation $\Omega = 0$ peut encore être intégrée explicitement si l'on peut, par un changement de variables, la ramener à la forme

$$(4) \qquad dy_1\,dy_4 + f(y_1, y_2)\,dy_2\,dy_3 = 0,$$

sans que f soit le produit d'une fonction de y_1 par une fonction de y_2. Si l'on prend pour variables indépendantes y_1 et y_2, l'équation (4) devient

$$(5) \qquad \frac{\partial y_4}{\partial y_2} - f(y_1, y_2)\frac{\partial y_3}{\partial y_1} = 0;$$

j'ai montré, dans un des articles cités plus haut (*Bulletin des Sciences mathématiques*, t. LIII, 1929, p. 200), comment on peut exprimer y_3 et y_4 au moyen des variables y_1, y_2, d'une fonction arbitraire $F(y_1, y_2)$ de ces deux variables et de ses dérivées partielles du premier et du second ordre.

2. Pour compléter ce résultat, il reste à montrer comment on peut reconnaître si une équation donnée $\Omega = 0$ peut être ramenée à la forme intégrable (4) par un changement de variables. Il faut d'abord que la forme Ω ne soit pas le produit symbolique de deux formes linéaires, c'est-à-dire que l'expression $A_{12}A_{34} + A_{13}A_{42} + A_{14}A_{32}$ ne soit pas nulle.

On peut alors déterminer une forme linéaire de Pfaff

$$\omega = a_1\,dx_1 + a_2\,dx_2 + a_3\,dx_3 + a_4\,dx_4$$

telle que l'on ait identiquement

$$(6) \qquad \Omega\omega + (\Omega)' = 0,$$

et les coefficients a_i s'obtiennent par des calculs linéaires.

Cela posé, on a les propriétés suivantes :

I. *Pour que $\Omega = 0$ puisse être ramenée à la forme intégrable* (3), *il faut et il suffit que ω soit nulle ou égale à une différentielle exacte.*

II. *Pour que $\Omega = 0$ puisse être ramenée à la forme intégrable* (4), *il faut et il suffit que ω soit de la classe* DEUX *ou de la classe* TROIS.

Cette condition s'exprime en égalant à zéro le déterminant de Pfaff formé avec les coefficients de la forme dérivée ω'. La forme ω étant mise sous forme canonique $y_2\,dy_1$, ou $y_2\,dy_1 + dy_3$, il suffira de deux quadratures pour ramener l'équation $\Omega = 0$ à la forme (4).

3. Appliquons ce résultat à un problème que j'ai étudié dans le premier des articles cités au début de cette Note. Sur une droite quelconque de l'espace Δ, représentée par les équations $x = az + p$, $y = bz + q$, on choisit à volonté un point I dont la coordonnée z a pour expression

$$z = \frac{1}{2} f(a, b, p, q),$$

la fonction f dépendant du choix du point I. La recherche des congruences de droites telles que le milieu du segment focal sur chaque génératrice de la congruence soit le point I choisi sur cette droite conduit à l'intégration d'une équation de la forme (1),

$$(6) \qquad \Omega = da\,dq + dp\,db + f(a, b, p, q)\,da\,db = 0.$$

J'ai déterminé dans le travail cité tous les cas où cette équation peut être ramenée à la forme (3). Si l'on cherche de même dans quels cas cette équation peut être mise sous la forme intégrable (4), on trouve que la fonction f doit satisfaire à la relation

$$(7) \qquad \left(\frac{\partial^2 f}{\partial p\,\partial q}\right)^2 - \frac{\partial^2 f}{\partial p^2}\frac{\partial^2 f}{\partial q^2} = 0;$$

on en conclut facilement que, *lorsque la droite Δ varie en conservant la même direction, le lieu du point* I *doit être une surface développable*, et cette condition nécessaire est suffisante.

En particulier, *la recherche des congruences de droites admettant pour surface moyenne une surface développable conduit à une équation intégrable de la forme* (4), ce qu'il est facile de vérifier.

SPECTROSCOPIE. — *Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule.* Note de M. **H. Deslandres.**

I. De 1919 à 1930, j'ai mis en relief la fréquence 1062,5 cm^{-1} (désignée par la lettre d_1), ses multiples et sous-multiples, qui interviennent dans les spectres atomiques et moléculaires [1].

La constante d_1 a été reconnue d'abord dans les beaux spectres de bandes (ou spectres moléculaires), lumineux et ultraviolets, et même aussi infrarouges, dus aux quatre corps simples de la chimie organique. La fréquence de la bande la plus intense est, à de faibles différences près, un multiple de d_1. J'ai noté aussi en 1919, que plusieurs bandes infrarouges sont des multiples de d_1/t_1 t étant un nombre entier petit.

En 1924, la même propriété a été constatée dans les spectres de lignes ou spectres atomiques. Leur raie ultime ou maxima est souvent un multiple de d_1, en particulier avec les corps simples alcalins et alcalino-terreux, qui ont été l'objet d'une Note récente aux *Comptes rendus*.

En 1925, j'ai repris l'examen des bandes d'absorption, surtout infrarouges, dues aux composés gazeux dont la structure chimique est la plus simple. Les résultats ont été condensés dans la formule suivante, qui donne la fréquence ν des bandes d'une même molécule : $\nu = qd_1/rs \pm q'd'_1/r's'$, s étant le nombre des atomes ou plutôt des grands anneaux d'électrons dans la molécule et s' étant le nombre des électrons d'un des atomes dans la molécule, ou autrement dit, le nombre atomique de cet atome ; q, r, q', r' étant des nombres entiers.

Cette formule implique un lieu précis du spectre avec la structure de la molécule. Son premier terme, qui donne la position des bandes principales, a été vérifié sur 19 spectres de bandes distincts ; mais le second terme, qui se rapporte aux maxima secondaires d'une même bande, a été reconnue seulement sur quatre bandes, deux de H^2O, une de HFl, une de HCl et a été présenté avec réserves.

Je reprends aujourd'hui la question, en utilisant les données nouvelles fournies par le beau phénomène de Raman et aussi par les rayons restants de Rubens.

Le spectre de la molécule varie beaucoup avec le mode d'excitation. Lorsque la molécule est très stable, elle supporte sans décomposition le pas-

---

(1) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 745 et 1365 ; **179**, 1924, p. 5 et 1006 ; **180**, 1925, p. 1459 et 1980 ; **181**, 1925, p. 235, 387 et 410 ; **191**, 1930, p. 169.

sage de l'étincelle électrique, et elle émet alors les beaux spectres de bandes, tels que ceux de l'azote, qui représentent ses vibrations les plus générales. Le spectre est formé de trois séries de vibrations superposées qui correspondent à trois séries indépendantes de nombres entiers. Ces trois séries, étudiées avec l'aide de la théorie des quanta, ont été attribuées aux trois variations simples de la molécule qui sont : sa rotation, la vibration entre les atomes et le déplacement des électrons dans l'atome.

Le spectre d'absorption est obtenu avec une excitation bien moindre de la molécule; il est riche et intéressant surtout dans la région infrarouge. On y a retrouvé des bandes ou raies de rotation et de vibration, isolées et séparées des vibrations électroniques. De plus l'observation a révélé un fait nouveau fort important : le spectre particulier des atomes constituants apparaît souvent dans le spectre de la molécule, avec des modifications seulement légères.

Le spectre de réflexion coïncide en général avec le spectre d'absorption; il est utile surtout dans l'infrarouge extrême, au delà de 20^{μ}, là où le spectre d'absorption est difficile à observer.

Enfin le spectre Raman est émis avec une excitation encore plus faible de la molécule. Moins riche que les précédents, il offre quelques raies d'absorption, et en plus des raies nouvelles. L'étude actuelle me conduit à penser qu'il peut émettre, outre les raies de la molécule, outre les raies des atomes constituants, d'autres raies dues à une fraction de l'atome, par exemple à l'anneau extérieur de ses électrons. Sous la poussée faible de la radiation excitatrice, seuls les électrons extérieurs seraient déplacés.

II. Le but de la recherche a été la vérification plus large de la formule précédente et de ses deux termes. Comme il est naturel, j'ai examiné d'abord des molécules simples qui, sauf une, sont binaires. Le tableau ci-après présente les premiers résultats, et, dans les colonnes 2, 4 et 5, l'accord des fréquences avec les sous-multiples de d_1 et avec les nombres caractéristiques s et s'. Les six premières molécules et la fréquence de leur bande fondamentale d'absorption sont tirées d'un Mémoire de C. Snow publié par la Société Faraday en 1929. Puis viennent les six molécules de NaCl à KBr, qui, n'ayant ni spectre sélectif d'absorption ni spectre Raman, ont un spectre de réflexion très net, relevé par Rubens, puis par Czerny. Enfin j'ai ajouté trois spectres Raman, choisis parmi les plus intéressants (1).

---

(1) Voir Rubens, *Philos. Mag.*, 19, 1910. p. 761; Czerny, *Zeit. f. Phys.*, 65, 1930, p. 600; et, pour les trois spectres, Raman, Bragawantan, *Nature*, 169, 1930; Rasetti, *Proc. Nat. Acad.*, 1929, p. 234, et Dauze, *Ann. de Physique*, 12, 1929, p. 375.

A première vue, le tableau fait ressortir le fait suivant. Les fréquences sont la plupart des multiples de d_1/t, t étant un nombre entier petit; ce qui indique une fois de plus un lien étroit de la constante d_1 avec la cause première de ces radiations.

Les six premières fréquences ont été classées comme fréquences de vibration; les autres, et surtout les fréquences de réflexion, particulièrement intéressantes, sont attribuées la plupart à une rotation de la molécule.

Dans l'ensemble, le tableau divise les 31 fréquences en trois groupes qui sont : 1° les fréquences rattachées au premier terme de la formule et au nombre s des anneaux d'électrons (colonne 2); 2° les fréquences rattachées au second terme et au nombre s' des électrons d'un atome, en général le plus lourd (colonne 5). Les deux termes de la formule sont vérifiés, et même plusieurs bandes, qui sont parmi les plus fortes, sont rattachées à la fois au premier et au second terme. Les bandes du second terme, réunies en 1925 aux bandes du premier, en sont séparées dans les spectres actuels; ce qui facilite leur étude. De plus la liaison avec les nombres atomiques, annoncée en 1925 pour les trois éléments, O, Fl et Cl, a été étendue à six autres corps simples, Si, K, Ca, Br, Ag et Hg, et avec une netteté plus grande. Ces relations apparaissent mieux dans l'infrarouge extrême.

3° Le troisième groupe comprend les autres fréquences, au nombre de 7, parmi lesquelles on compte les raies $5d_1/4$ du diamant et $11d_1/5$ du gaz azote, Or, 4 et 5 sont les nombres d'électrons dans l'anneau extérieur de ces deux éléments, et je suggère que les deux fréquences sont dues à la vibration particulière de ces anneaux. De même pour la fréquence $d_1/9$ de KBr, qui serait émise dans l'élément Br par la vibration simultanée de l'électron unique extérieur et de l'anneau voisin de 8 électrons. De même les fréquences de SiO^2, rattachées à $d_1/3$ et $d_1/5$, seraient dues à l'anneau extérieur des atomes Si et O, momentanément ionisés par le rayon excitateur. La loi générale serait simple, au moins dans l'infrarouge : si t anneaux d'électrons, si t électrons sont excités simultanément, la fréquence émise a pour base le nombre d_1/t.

Une Note prochaine discutera ces faits et suggestions, en ajoutant les spectres d'autres molécules. Il importe de rechercher dans quelle mesure ces relations simples s'étendent aux molécules plus complexes.

J'ajouterai seulement deux remarques. Les bandes et raies attribuées jusqu'ici à la rotation peuvent avoir une origine plus simple et dépendre des électrons atomiques.

Le tableau fait prévoir des fréquences encore plus faibles de la molécule, qui, dans l'effet Raman, seraient confondues avec la raie d'excitation, très élargie, comme on sait, principalement sur le côté rouge.

Fréquences infrarouges de molécules simples et accord de la plupart d'entre elles avec la formule de 1925.

Molécule.	Nombre s (1).	Fréquence de la bande ou de la raie (2).			Multiples de d_1/rs et de $d_1/r's'$.	Résidus.	Nombre atomique s'.
HFl gaz.......	2	abs.	3962	=	$15\,d_1/4$	—22	–
HCl id........	3	id.	2994	=	$17\,d_1/6$	—16	–
HBr id........	5	id.	2559	=	$12\,d_1/5$	+ 9	–
HI id........	7	id.	2272	=	$15\,d_1/7$	— 6	–
CO id........	2	id.	2144	=	$4\,d_1/2$	+19	–
NO id........	2	id.	1833	=	$7\,d_1/4$	+24	–
NaCl cristal.....	4	réfl.	264,5	=	$d_1/4$	— 1,1	–
		id.	**186,6**	=	$3\,d_1/17$	— 0,9	17 — Cl
KCl id......	5	id.	217,4	=	$d_1/5$	+ 4,9	
		id.	**162,3**	=	$3\,d_1/19$	— 5,4	19 — K
$CaFl^2$ id......	5	id.	**316,5**	=	$d_1/10$	— 2,2	20 — Ca
		id.	409,6	=	$7\,d_1/18$	— 3,6	9 — Fl
AgCl solide.....	8	id.	135,1	=	$d_1/8$	+ 2,5	–
		id.	**111,1**	=	$5\,d_1/47$	— 1,97	47 — Ag
Hg^2Cl^2 id......	20	id.	109,9	=	$2\,d_1/20$	+ 3,65	80 — Hg
		id.	84,75	=	$11\,d_1/160$	+ 1,25	80 — Hg
KBr id......	7	id.	135,1	=	$9\,d_1/70$	— 0,9	35 — Br
		id.	**116,3**	=	$d_1/9$	— 1,75	–
C diamant......	–	ram.	1331,0	=	$5\,d_1/4$	+ 3,0	–
N^2 gaz.........	2	id.	2335,0	=	$11\,d_1/5$	— 2,0	–
SiO^2 cristal.....	4	id.	**128,5**	=	$d_1/8$	— 4,3	8 — O
		id.	207,5	=	$d_1/5$	— 5,0	–
	4	id.	267,0	=	$d_1/4$	+ 1,4	8 — O
		id.	356,5	=	$d_1/3$	+ 2,3	–
	4	id.	402,5	=	$3\,d_1/8$	+ 4,0	8 — O
	4	id.	**467,0**	=	$7\,d_1/16$	+ 2,2	8 — O
		id.	700,0	=	$2\,d_1/3$	— 8,0	–
	4	id.	796,0	=	$3\,d_1/4$	+ 0,8	8 — O
	4	id.	1062,0	=	$4\,d_1/4$	— 0,5	8 — O
		id.	1165,0	=	$11\,d_1/10$	+ 3,7	–
		id.	1287,0	=	$17\,d_1/14$	— 3,2	14 — Si

(1) Pratiquement le nombre s d'un atome est, en comptant de haut en bas, le numéro de la ligne horizontale qui, dans la table de Mendéléef, contient l'atome, la première ligne de l'hydrogène étant écartée. Le nombre s de la molécule est la somme des s de ses atomes.

(2) Les fréquences en chiffres gras sont celles des bandes les plus fortes.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la régularité du régime des tensions superficielles des latex frais d'*Euphorbia Lathyris. Note de MM. L. **Blaringhem** et M. **Chopin**.

L'un de nous a décrit (¹) un appareil *tensiomètre* destiné à la mesure des tensions superficielles des liquides colloïdaux prélevés en très petite quantité. La mise au point de l'appareil et les principales observations sériées au cours de 1930 ont été faites avec du latex, relativement abondant, de l'Euphorbe Epurge (*Euphorbia Lathyris* L.) et ont donné lieu à diverses remarques intéressantes.

Cette Euphorbe fut introduite à la Station de Recherches Berthelot en 1912 à partir de quelques graines provenant du Muséum d'Histoire naturelle; quoique bisannuelles, les générations s'y succèdent d'année en année en ce sens qu'on conserve uniquement le plant spontané provenant des graines germant en octobre jusqu'à février; ces semis spontanés fournissent au printemps des individus de tous âges, ayant par conséquent six, dix, même douze mois d'existence à l'époque où les premiers prélèvements de latex ont été faits. On a donné les numéros d'ordre de 1 à 10, à dix plantes bien venues, croissant côte à côte dans une parcelle réservée, mais d'âges différents, provenant de graines de 1929.

De mai à fin octobre ces plantes donnent leurs inflorescences, leurs fleurs, leurs graines, d'abord sur l'axe terminal, ensuite sur les ramifications latérales qui se succèdent pour fournir en été de véritables buissons où se trouvent des fruits ayant projeté leurs graines, des fruits verts, des grappes de fleurs fécondées, des boutons et des pousses feuillées. Bref, pour nos études, nous avons utilisé des *individus d'une même lignée*, mais aussi divergents que possible par l'âge à partir de la germination et des parties aussi différentes que possible par leur évolution propre (feuilles, rameaux, inflorescences, pédoncules de fleurs ou de fruits). Or, les mesures des tensions superficielles des latex, prélevés avec certaines précautions, donnent des chiffres presque identiques pour les divers individus et pour les divers organes.

On peut prélever chaque jour, à partir de mai, 1^{cm^3} de latex sur un organe quelconque sans que la plante paraisse en souffrir; le tensiomètre de M. Chopin n'exige que $0^{cm^3},2$ de liquide pour faire une mesure correcte;

(¹) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1293.

l'appareil est facilement transportable, facilement lavé et séché; nous nous sommes aperçus qu'il était convenable, aux heures chaudes de la journée, de faire les mesures non en plein air, ni sous un abri vitré, mais dans une enceinte fermée à état hygrométrique élevé et à température constante.

Les incisions ont été faites à la base, ou à la pointe des feuilles adultes, sur les bourrelets des ramifications des inflorescences, sous les fleurs en boutons ou épanouies. Le latex perle en gouttes arrondies qu'on aspire dans un tube de verre effilé; il est porté de suite sur la platine circulaire du tensiomètre et étalé en anneau sur le bord; on soulève le cylindre mobile pour provoquer la formation de la membrane de latex et l'on mesure l'effort de rupture du fragment de caténoïde ainsi obtenu puis régularisé par plusieurs oscillations. Voici une série de mesures effectuées sur 10 individus croissant côte à côte en mai :

Tension superficielle α en dynes par centimètre du latex de Euphorbia Lathyris *L.*

Euphorbes.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
α	28	30,5	29,5	29	29,5	29	29	28	29	28
α'	27,5	29	29,5	27,5	30,5	30	28	31	27,2	29

La première ligne correspond à des essais effectués le 13 mai 1930 entre 14 et 16^h, tandis que la seconde ligne correspond à des essais faits dans le cours du mois de mai et à des heures différentes (8 à 18^h) mais toujours à une température voisine de 18°, et pour des mesures faites aussitôt après le prélèvement des liquides. On peut constater que les divergences individuelles, de même que celles qui résultent des dates, des heures, ou des organes, sont presque de l'ordre des erreurs de mesure. Bref, pour la lignée, isolée depuis 1912, d'*Euphorbia Lathyris*, les tensions superficielles des latex sont d'une régularité inattendue et pourraient en quelque sorte caractériser le type.

Les mesures faites avec les latex d'autres plantes donnent des chiffres notablement différents. Ainsi, avec le Pissenlit (*Taraxacum officinale* Wig., variété horticole), en mai, on obtient un α oscillant autour de 40 dynes par centimètre; pour *Papaver somniferum* L. var. *Mursellii* $\alpha = 20$; pour un hybride de *Papaver* (*setigerum* $\times$ *somniferum* var.) $\alpha = 31$ vers la fin de juin; pour *Chelidonium majus*, $\alpha = 21$. Mais, pour les dernières mesures, faites avec des latex de Papavéracées, il y a lieu d'écarter toutes les épreuves, et elles sont en majorité, où la coagulation est commencée. Envisagé à ce point de vue, le tensiomètre de M. Chopin rendra des services en permettant de suivre les phénomènes physiques qui précèdent ou préparent la coagulation.

En résumé, le latex de l'*Euphorbia Lathyris* L. (et probablement des Euphorbiacées tropicales donnant le caoutchouc) en raison de la lenteur de la coagulation, fournit avec l'appareil tensiomètre de M. Chopin des résultats identiques quelle que soit la localisation des prélèvements. Il faut attribuer ce résultat pour partie à la régularité de croissance de la lignée *Euphorbia Lathyris* L. de Bellevue.

L'uniformité périodique des températures et états hygrométriques dans les pays à moussons sont une condition favorable à la bonne utilisation de ce procédé. Pour en recommander l'emploi dans les études de coagulation de latex de plantes à caoutchouc, il faut tenir compte de l'uniformité des plantes non par l'âge mais par l'origine et par conséquent l'utiliser dans les plantations d'Hevea greffés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en zinc du foie chez le rat en voie de croissance.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **Y. Brandt-Beauzemont.**

Les expériences sur le rat que nous avons publiées il y a quelques mois [1] ont confirmé les faits découverts par l'un de nous, en collaboration avec Vladesco, au sujet des variations remarquables que présente la teneur en zinc de l'organisme animal au cours de la vie; elles ont confirmé, notamment, que la teneur en zinc des mammifères offre un maxima au moment de la naissance, qu'elle diminue peu à peu durant la période d'alimentation lactée, le lait étant très pauvre en métal, et remonte rapidement à partir du sevrage [2].

Ces faits, nous l'avons rappelé antérieurement, ont été méconnus ou même niés par d'autres expérimentateurs [3]. Comme ils n'ont pas seulement une importance théorique, mais des conséquences au point de vue de l'alimentation des nouveau-nés, nous avons continué leur étude. Aujourd'hui, nous donnons les résultats que nous avons obtenus en déterminant les proportions de zinc contenues dans le foie de rats blancs sacrifiés à diverses périodes de leur vie : le jour de la naissance, vers la fin du régime

(1) Gab. Bertrand et Mlle Y. Beauzemont, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1089.

(2) Gab. Bertrand et R. Vladesco, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 768, et 173, 1921, p. 54.

(3) *Loc. cit.*

exclusivement lacté (1), quelque temps après le sevrage, enfin, à l'âge adulte.

L'origine des animaux, leur mode d'alimentation ont été les mêmes que dans nos expériences antérieures. La technique a aussi été la même, à cela près que nous avons opéré sur les foies seuls et non sur les animaux entiers. Comme les foies de rats sont très petits, surtout dans les premières semaines, nous avons dû réunir ceux de plusieurs portées, jusqu'à 33, provenant de six portées, pour les rats examinés le jour de la naissance. Nous mettions alors de côté les foies recueillis, pesés et séchés, au fur et à mesure, jusqu'au moment où nous en avions un poids suffisant pour effectuer un dosage dans de bonnes conditions. Voici les résultats de nos nouvelles expériences :

	Age des animaux examinés :			
	1 jour.	15 jours.	30 jours.	7 mois.
Nombre de foies analysés	33	19	12	4
Poids des foies frais analysés (gr)	6,99	12,18	23,06	29,24
Poids d'un foie frais (gr)	0,21	0,64	1,92	7,31
Eau pour 100	78,70	75,25	79,97	76,07
Zinc pour 100 gr de foie frais (mg)	24,35	12,70	7,38	7,76
Zinc pour 100 gr de foie sec (mg)	114,31	51,31	36,84	32,42
Zinc total d'un foie (mg)	0,051	0,085	0,141	0,57

Ces résultats font ressortir de profondes analogies entre la variation de la teneur en zinc du foie et celle qui a été reconnue chez l'animal entier : c'est ainsi que, dans les deux cas, y a environ trois fois et demi plus de métal au moment de la naissance qu'à l'âge adulte.

Il apparaît cependant une différence. Dans le foie, la proportion de zinc diminue progressivement, mais elle ne tombe pas, à la fin de la période d'alimentation lactée, à un taux inférieur à celui que l'on rencontre plus tard. Cette différence tient sans doute à ce que le rôle du foie devient relativement plus grand chez l'adulte qu'il n'est chez le nouveau-né. Du moins constate-t-on que son poids s'élève plus rapidement que celui du corps : de la naissance au septième mois, il a augmenté dans le rapport de 1 à 35, tandis que le poids du corps n'a augmenté que dans le rapport de 1 à 21.

Il est intéressant de rapprocher ces faits de ceux qui ont été découverts au cours des recherches classiques de Bunge et de ses disciples sur le fer. Un tel rapprochement fait ressortir, en effet, une très grande analogie entre la manière dont les deux métaux pénètrent, se répartissent et se mobilisent dans le corps des jeunes mammifères.

(1) On admet ordinairement que les souris et les rats sont sevrés par leurs mères respectives le 21e jour. Les ratons commencent cependant à grignoter les substances alimentaires à leur portée déjà quelques jours avant.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la mucine des liquides articulaires.* Note de MM. Ch. Achard et M. Piettre.

La présence de mucine dans les liquides articulaires offre un intérêt d'ordre général. Cette substance n'existant pas dans le sang, la synovie apparaît, non comme un simple transsudat du plasma sanguin, mais comme un liquide formé en partie par la paroi de la séreuse articulaire.

Cette synovio-mucine mérite donc une étude.

Méthodes d'isolement. — Avec la méthode à l'acétone, la floculation des protéines du sérum est pratiquement nulle par addition à froid d'acétone à volume égal : elle ne commence qu'à partir de 1^vol,50 d'acétone et n'est complète qu'avec 2^vol,50.

Au contraire, la synovio-mucine est presque totalement précipitée par un volume égal d'acétone, et les caractères de cette floculation sont tout à fait différents de ceux de la floculation des protéines sériques : précipitation massive de filaments blanchâtres très visqueux, qui s'agglomèrent en une seule masse se rétractant assez fortement.

Pour obtenir l'isolement de cette mucine [1], on sépare les caillots fibrineux, s'il y en a, par centrifugation, on précipite alors bien à froid la mucine par addition d'un volume d'acétone sensiblement égal au volume de la liqueur qui la contient. On agite très vivement cette liqueur pendant qu'on lui ajoute l'acétone. La mucine apparaît brusquement en une masse visqueuse, très épaisse, qui se rétracte peu à peu. On essore très vite au Büchner qui retient la mucine, blanche, élastique. Un seul lavage à l'acétone froide est suffisant.

La liqueur aqueuse acétonique est alors additionnée d'un égal volume d'acétone, de façon à obtenir une concentration de 2,5, comme dans le cas de la précipitation acétonique du sérum. Dans ces conditions, s'il y a des protéines sériques dans l'exsudat, elles floculent à ce moment et peuvent être isolées, lavées, puis soumises à la technique habituelle de séparation.

De toute façon, on continue le lavage de la mucine sur Büchner par de l'éther sec à deux ou trois reprises. Comme elle est très adhérente au filtre, il convient de la reprendre par l'eau distillée dans laquelle elle se dissout

---

(1) Cette technique, d'après quelques essais, semble devoir s'appliquer à d'autres liquides organiques contenant de la mucine ou des substances voisines, pseudo-mucines, etc.

assez lentement, pour donner une liqueur très visqueuse et filante. On fait l'extrait sec sur un volume donné et toutes autres déterminations physico-chimiques.

La mucine peut être purifiée par une ou plusieurs précipitations à froid, à l'aide d'acétone, volume à volume, suivies de simple lavage à l'éther sec. On la conserve alors à l'état de poudre sèche toujours soluble de nouveau dans l'eau distillée. Dans les liqueurs aqueuses ou éthérées, on dose les lipides, sels, extractif azoté ou non.

La méthode aux sels, lorsque la mucine existe seule dans les liquides articulaires, donne comme d'habitude des fractionnements (d'ailleurs impossibles à séparer correctement), alors qu'il n'y a qu'une substance unique, la mucine. Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'un mélange de mucine et de protéines sériques, bien mis en évidence par la technique à l'acétone, l'emploi des sels aux doses croissantes n'aboutit pas du tout à des séparations satisfaisantes : nous avons ainsi perdu quatre exsudats articulaires sans obtenir de résultats valables.

Caractères chimiques. — La synovio-mucine n'a pu être isolée jusqu'ici en quantité suffisante pour en permettre l'analyse élémentaire. Cependant on a pu la caractériser par sa teneur en soufre :

Premier échantillon : matière séchée sur vide sulfurique, $0^{g},5403$:

SO^4Ba pesé	$0^{g},0272$
S pour 100	$0^{g},6895$

Deuxième échantillon : matière séchée sur vide sulfurique, $0^{g},7835$:

SO^4Ba pesé	$0^{g},0414$
S pour 100	$0^{g},72$

La teneur moyenne en soufre, d'après ces données, oscillerait autour de $0^{g},70$ pour 100.

On sait, d'autre part, que la teneur moyenne en soufre des différentes protéines du sérum est de :

Sérum-albumine	2 pour 100
Sérum-globuline	0,8 pour 100
Myxoprotéine	1,1 pour 100

En tenant compte de la proportion de chacune de ces protéines dans le sérum du sang normal, on trouve que la teneur moyenne en soufre des protéines totales de ce sérum atteindrait sensiblement $1^{g},40$ pour 100, c'est-à-dire le double de celle de la mucine.

Caractères physiques. — La propriété la plus caractéristique de la synovio-mucine est sa grande viscosité. Nous avons mesuré cette viscosité par comparaison avec celle d'une solution de protéines sériques à la même concentration, en nous servant du viscosimètre de Baumé et Vigneron, à la température de + 20° C. :

a. Solution aqueuse de synovio-mucine à 0,8 pour 100 : D = 100356 à + 20° C.
Temps d'écoulement entre les deux repères : 50″,8.

b. Solution aqueuse de protéines sériques à 0,8 pour 100.
Temps d'écoulement entre les deux repères : 10″,1.

Le temps d'écoulement de l'eau est de 9″,3.

En appliquant la formule de Poiseuille $\eta = D\frac{T}{T_0}$, on obtient :

a. Viscosité spécifique .... $\eta = 5,389$
b. » .... $\eta = 1,090$

La différence de viscosité est donc très grande entre la synovio-mucine et les protéines sériques.

Dans quel groupe de muco-protéines ou mucines peut-on ranger la synovio-mucine ?

Armand Gautier distingue : les mucines proprement dites (mucus d'escargot, de glandes salivaires, de tendons), les pseudo-mucines (bile) et les mucoïdes complexes d'Hammarsten (ascite, etc.). La synovio-mucine se rapproche beaucoup des mucines vraies : 1° par sa propriété à l'égard des acides étendus (solubilité dans un excès de HCl, solubilité nulle ou très faible dans un excès d'acide acétique); 2° par sa teneur en soufre, très voisine de celles du mucus salivaire ($0^g,84$ d'après Hammarsten) et du mucus des tendons ($0^g,84$ d'après Lœbisch).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation conforme des aires planes multiplement connexes.* Note [1] de M. C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

1. Considérons une aire A de l'ordre $n+1$ de connexion, bornée par un contour extérieur C et par n contours internes $C_1, C_2, \ldots, C_n$, tous supposés analytiques et réguliers. Dans une Note publiée récemment sous ce

(1) Séance du 22 décembre 1930.

même titre dans les *Comptes rendus* (1), j'ai affirmé qu'une telle aire est représentable sur une aire D attachée à un polynome de degré *n à racines distinctes*,

(1) $$P(u) = (u - a_1)(u - a_2)\ldots(u - a_n).$$

Il y a lieu de revenir sur cet énoncé que je crois actuellement trop général pour en préciser la portée et le compléter.

La démonstration que je viens de publier dans un Mémoire des *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure* (2), repose sur la construction d'une fonction $F(z)$ dont le module reste constant sur chacun des contours C et C_k et dont l'argument augmente d'une même *période* 2π sur chacun des contours internes, supposés parcourus dans le sens direct. *La démonstration postule que la dérivée* $F'(z)$ *ne s'annule pas sur les contours.*

Si $F'(z)$ s'annule sur les contours et que le théorème reste vrai, ces racines seront des points *irréguliers* dans la représentation. Mais l'extension que j'ai faite du théorème à ce cas était prématurée (3).

2. Pour obtenir une théorie générale et éviter, en tout cas, les singularités sur les frontières, il convient d'élargir les conditions imposées au polynome $P(u)$. Nous remplacerons le polynome (1) par un polynome possédant encore n racines distinctes, mais chacune d'un certain ordre de multiplicité,

(2) $$P(u) = (u - a_1)^{m_1}(u - a_2)^{m_2}\ldots(u - a_n)^{m_n}.$$

On a alors les théorèmes suivants :

3. *Les entiers positifs* $m_1, m_2, \ldots, m_n$ *étant choisis, on peut construire une fonction* $F(z)$, *régulière et uniforme dans l'aire* A, *dont le module demeure constant sur chacun des contours* C *et* C_k, *et dont l'argument augmente de* m_1 *circonférences sur* C_1, *de* m_2 *sur* C_2, *etc. L'aire* A *appartiendra à un polynome de la forme* (2), *à condition de choisir convenablement les racines, c'est-à-dire qu'elle sera représentable sur une aire* D *attachée à ce polynome (avec correspondance des contours extérieurs), pourvu que la dérivée* $F'(z)$ *ne s'annule pas sur les contours.*

Ce théorème se démontre en généralisant les procédés du Mémoire cité.

---

(1) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 782.

(2) *Sur la représentation des aires multiplement connexes* (**47**, 1930, p. 267-309).

(3) Le théorème est en défaut si $F'(z)$ admet des racines d'ordre impair sur les contours. Le raisonnement fait (n° **31**, 2°) pour écarter cette éventualité est insuffisant. Ce cas me paraît devoir être aussi général que l'absence de racines.

La fonction $F(z)$ se construit sans plus de difficulté dans l'aire A, mais il faut encore la prolonger artificiellement à l'intérieur de chacun des vides. Dans le vide intérieur à $C_i (i = 1, 2, \ldots, n)$, plaçons m_i points $\alpha, \beta, \ldots, \mu$, suffisamment près les uns des autres pour que le polynome de degré m_i

$$p_i(z) = (z-\alpha)(z-\beta)\ldots(z-\mu)$$

possède, à l'intérieur de C_i, une cassinienne K_i entourant toutes ses racines et sur laquelle son module soit inférieur à celui de $F(z)$ sur C_i. Dans cette cassinienne, la fonction $F(z)$ sera égale, par définition, à $p_i(z)$. Elle sera prolongée artificiellement dans l'anneau compris entre K_i et C_i en raccordant arbitrairement ses lignes d'égal argument et en faisant croître constamment r le long des lignes de raccordement. La fonction $F(z)$ est maintenant continue dans l'aire A *comblée*. Considérant la relation $F(z) = \zeta$, on peut tracer un système cyclique correspondant de coupures dans le plan ζ et construire un polynome $P(u)$ à racines distinctes tel que la relation $P(u) = \zeta$ admette le même système de coupures. Le polynome $P(u)$ cherché sera la limite du précédent quand les racines tendront à devenir égales dans chacun des vides.

4. *Quelle que soit l'aire* A, *on peut choisir les exposants* $m_1, m_2, \ldots,$ *de manière que la dérivée de la fonction* $F(z)$ *ne s'annule pas sur les frontières.*

Voici brièvement la méthode à suivre pour faire ce choix :

Reprenons les notations du Mémoire cité (n° 10). Soient $U_1, U_2, \ldots, U_n$ les fonctions harmoniques fondamentales pour l'aire A, et $V_1, V_2, \ldots, V_n$ leurs associées. Soient encore ω_{ki} $(i, k = 1, 2, \ldots, n)$ les périodes fondamentales. L'expression

$$\Omega_i = \omega_{1i} + \omega_{2i} + \ldots + \omega_{ni}$$

est la période sur C_i de la fonction

$$V_0 = V_1 + V_2 + \ldots + V_n,$$

associée à la fonction harmonique

$$U_0 = U_1 + U_2 + \ldots + U_n.$$

Cette dernière est nulle sur C et égale à l'unité sur tous les contours C_k. La fonction étant constamment maximée sur les contours C_k, les périodes Ω_i sont toutes négatives. Comme elle est extrémée sur tous les contours, la dérivée de la fonction $U_0 + iV_0$ de z ne s'annulera sur aucun d'eux.

Posons maintenant

$$U = \lambda_1 U_1 + \lambda_2 U_2 + \ldots, \qquad V = \lambda_1 V_1 + \lambda_2 V_2 + \ldots,$$

et déterminons les coefficients λ par le système linéaire ($i=1, 2, \ldots, n$)

$$\lambda_1\omega_{1i}+\lambda_2\omega_{2i}+\ldots+\lambda_n\omega_{ni}=-\varepsilon_i\frac{\Omega_i}{2\pi}2\pi.$$

La fonction U coïncide avec $-U_0$ quand tous les ε_i sont égaux à l'unité. On peut donc assigner aux ε_i des valeurs suffisamment voisines de l'unité pour que $U+iV$ s'approche autant qu'on voudra de $-U_0-iV_0$ et, par conséquent, pour que sa dérivée ne s'annule pas non plus sur les frontières. On peut donc substituer aux expressions $-\varepsilon_i\Omega_i : 2\pi$ des nombres rationnels positifs $m_i : m$ de même dénominateur satisfaisant à cette condition. Alors la fonction $U+iV$, définie par le système

$$\lambda_1\omega_{1i}+\lambda_2\omega_{2i}+\ldots+\lambda_n\omega_{ni}=\frac{m_i}{m}2\pi,$$

aura sa dérivée différente de zéro sur les contours et la fonction

$$F(z)=e^{m(U+iV)}$$

répondra à la question.

5. *Si l'aire A admet deux représentations différentes sur D avec correspondance des contours extérieurs, elles déterminent une substitution des cassiniennes internes. Si elles échangent des cassiniennes renfermant des racines du même ordre de multiplicité, la figure D possède un centre de symétrie et les diverses solutions s'obtiennent par une rotation de la figure D autour de son centre.*

En effet, les deux correspondances $u=\varphi(z)$ et $v=\varphi_1(z)$ entre D et A entraînent les relations $P(u)=F(z)$ et $P(v)=F_1(z)$. Mais les deux fonctions F et F_1 ayant des arguments de mêmes périodes ne diffèrent que par un facteur constant h, d'où $P(v)=hP(u)$, et v est une fonction linéaire de u [1].

6. *Si l'aire A admet plusieurs représentations sur elle-même avec correspondance du contour extérieur, on peut choisir le polynome $P(u)$ de manière à réaliser les conditions du théorème précédent.*

L'aire D correspondant à A se représentera sur elle-même par une substitution $u=\varphi(v)$ permutant les cassiniennes internes Γ_k. En répétant la substitution, on permute successivement ces cassiniennes jusqu'à ce qu'on retrouve la permutation initiale. A chaque permutation différente correspond une fonction différente $F(z)$. Désignons-les par $F_1, F_2, \ldots, F_r$.

---

[1] C'est par inadvertance que j'ai fait $h=1$ dans le Mémoire cité (n° 25).

Leur produit $F(z) = F_1 F_2 \ldots F_r$ est une fonction dont l'argument aura les mêmes périodes sur les contours C_k qui s'échangent entre eux et elle détermine le polynome $P(u)$ demandé.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la réflexion des ondes électromagnétiques.* Note [1] de MM. C. **Gutton** et G. **Beauvais**.

Garbasso (*Acad. des Sciences de Turin*, 1893) a montré que les ondes hertziennes étaient réfléchies par un ensemble de résonateurs répartis sur un plan et que l'intensité du faisceau réfléchi était la plus grande possible lorsque les résonateurs étaient accordés. En utilisant les ondes courtes des oscillateurs à lampe triode de Pierret [2], dont les oscillations entretenues produisent des résonances beaucoup plus aiguës que les oscillateurs à étincelles employés par Garbasso, nous avons repris des expériences de réflexion sur des résonateurs.

L'oscillateur rayonne des ondes de 17^{cm} de longueur. Sa petite antenne est disposée sur la ligne focale d'un miroir cylindro-parabolique. Le faisceau parallèle obtenu est envoyé sur des réflecteurs constitués de la manière suivante. Des fils de cuivre rectilignes, de longueurs égales, sont régulièrement répartis, en files et en rangées, sur un plan. Ces fils servent de résonateurs; ils sont attachés les uns aux autres par du fil à coudre et l'ensemble est tendu sur un cadre carré de 1^m de côté. La distance entre deux résonateurs voisins est égale à leur longueur. Il a été construit 5 réflecteurs avec des résonateurs ayant respectivement 6, 7, 8, 9 et 10^{cm} de longueur. Les ondes réfléchies sont reçues sur un fil en résonance au milieu duquel est intercalé une soudure thermo-électrique reliée à un galvanomètre.

Les résonateurs de 8^{cm} sont très prés de l'accord et le réflecteur correspondant réfléchit parfaitement le faisceau incident lorsque les fils sont parallèles à la direction de la force électrique. Pour toute autre direction, la composante de la force électrique parallèle aux résonateurs est seule réfléchie, la composante perpendiculaire est transmise. On réalise ainsi un miroir qui réfléchit un faisceau polarisé dans un plan parallèle à la direction des résonateurs.

---

(1) Séance du 22 décembre 1930.

(2) Pierret, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1601.

Les autres réflecteurs non accordés ne réfléchissent qu'une fraction faible de l'énergie incidente.

En envoyant sur les divers réflecteurs sous l'incidence normale le faisceau rayonné par l'oscillateur, on obtient un système d'ondes stationnaires. Nous avons déterminé les distances au réflecteur des nœuds et des ventres et comparé ces distances à celles que l'on obtient lorsqu'on emploie comme miroir une plaque de zinc carrée de 1^m de côté. Nous avons pu ainsi comparer le changement de phase de la force électrique, lors de la réflexion sur les résonateurs, au changement de phase d'une demi-période lors de la réflexion sur une lame métallique. Les différences de marche correspondantes exprimées en longueur d'onde sont pour les diverses longueurs des résonateurs :

6^cm	+0,127 λ
7	+0,050
8	−0,038
9	−0,098
10	−0,168

Elles correspondent à une avance pour les résonateurs de période plus courte que celle des ondes incidentes et à un retard pour les résonateurs de période plus longue. Ce changement de phase s'explique de la manière suivante : le faisceau réfléchi est un faisceau émis par les fils du réflecteur, si ceux-ci sont à l'accord, le courant qui les parcourt est en phase avec la force électrique ; s'ils sont plus longs, le courant est en retard sur la force électrique, s'ils sont plus courts il est, au contraire, en avance. Les changements de phase observés correspondent donc au décalage du courant sur la force électrique, celui-ci s'inverse lors du passage par la résonance.

Du changement de phase à la réflexion, on peut déduire la valeur de l'amortissement des oscillations libres des résonateurs. Si, en effet, on désigne par ω et Ω les pulsations de l'oscillation libre du résonateur et de l'oscillation incidente, le décalage φ de la force électrique sur le courant est donné par la relation

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\alpha\Omega},$$

où α est l'amortissement cherché.

Si les résonateurs sont peu désaccordés

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\Omega - \omega}{\alpha},$$

et une variation de l'angle φ est reliée à une variation de ω par la relation

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta\omega}{\alpha}.$$

La mesure que nous avons faite des retards donne pour deux résonateurs la valeur de $\Delta\varphi$, la valeur de $\Delta\omega$ se déduit du fait qu'ils oscillent en demi-onde. Les nombres du tableau précédent donnent des valeurs de α dont la moyenne est $0,14 \times 10^{10}$. Récemment Sonoda (¹), en traçant la courbe de résonance d'un fil oscillant en demi-onde, pour des ondes de longueur très voisine de celle qui nous a servi, trouve une valeur peu différente $0,12 \times 10^{10}$.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la confusion des effets de la foudre proprement dite avec ceux de la matière fulminante.* Note (²) de M. E. **Mathias**.

La cause de la plupart des erreurs commises dans l'explication de l'action de la foudre est dans la confusion des effets de la *foudre proprement dite* avec ceux de la *matière fulminante*.

La foudre proprement dite est le courant d'électricité naturelle qui se produit entre un nuage et la terre, ou entre deux nuages, lorsque leur différence de potentiel est suffisamment grande. La durée de la foudre proprement dite est de l'ordre du millième de seconde. En traversant l'air, elle détermine la formation d'un *résidu*, qui est la matière fulminante; celle-ci est un explosif gazeux qui, suivant sa masse (petite ou grande) et sa forme (cylindrique ou sphérique), dure quelques millièmes ou centièmes de seconde dans le cas de l'éclair fulgurant, des secondes ou même des minutes dans le cas de l'éclair sphérique.

La matière fulminante n'est donc pas la foudre proprement dite; c'est un *résidu* qui se meut sous l'influence de la pesanteur et du principe d'Archimède, des courants d'air et des percussions provenant de la décomposition fatale de ses molécules, superficielles ou profondes, sous l'influence du refroidissement.

L'éclair fulgurant, chargé toujours d'électricité positive, a une trajectoire déterminée par les lignes de force du champ électrique de l'air (trajectoires

---

(¹) Sonoda, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 195.

(²) Séance du 22 décembre 1930.

orthogonales des surfaces équipotentielles. A cause des ions flottant dans l'air agité des orages, les lignes de force peuvent avoir des formes compliquées; d'où la forme quelquefois singulière de l'éclair fulgurant, ses ramifications, etc. Il peut arriver qu'un fort tourbillon d'air, à forme hélicoïdale, détermine, par la forme hélicoïdale des lignes de force électrique à son intérieur, un éclair fulgurant de même forme.

Dans ce cas, c'est la forme hélicoïdale des lignes de force dans l'air qui détermine le sillon en hélice suivi par l'électricité positive de l'éclair fulgurant en descendant les potentiels; on n'a pas le droit de parler de *foudre hélicoïdale* en entendant par là que *la tendance à créer la trajectoire hélicoïdale préexiste dans l'électricité positive de l'éclair fulgurant pendant son jaillissement.*

Quand le flux électrique a cessé, son *résidu* (la matière fulminante) n'est plus qu'un corps chimique, plus ou moins fortement électrisé, soumis aux lois ordinaires de la mécanique, de la physique et de la chimie; ce n'est plus qu'un explosif qui prolonge les effets de la foudre proprement dite en libérant, par son explosion, la quaatité énorme d'énergie absorbée lors de sa formation.

Pendant le jaillissement du flux électrique, en chaque point de l'axe de la trajectoire, le phénomène physique est de révolution autour de la tangente à l'arc de la trajectoire en ce point, que la trajectoire soit rectiligne ou spirale.

Mais quand la matière fulminante de l'éclair fulgurant linéaire explose, les effets de l'explosion, en chaque point de l'axe du cylindre de matière fulminante, peuvent ne pas avoir la même puissance dans toutes les directions normales à l'axe. La matière fulminante, pendant le refroidissement qui a précédé l'explosion, ayant rétracté la surface extérieure du fluide, a fait rentrer à l'intérieur des parties extérieures plus froides; en sorte que la matière fnlminante, supposée homogène en tous les points de l'éclair à l'époque initiale de sa formation, ne l'est plus tout à fait au moment de son explosion, quelques millièmes ou centièmes de seconde plus tard.

Cette hétérogénéité est cependant peu de chose vis-à-vis de celle qui s'est produite lorsque toute la matière fulminante, ayant pris l'aire minima, est réduite à la forme sphérique. Alors, quand elle explose, quelques secondes ou même plusieurs minutes après, l'explosion peut être tout à fait dissymétrique et ne plus rappeler en rien la perfection de la symétrie de la sphère dans toutes les directions qui passent par son centre. Cette explosion peut déterminer des tourbillons en spirale qui tordent les objets,

les arbres, etc. *Les indubitables phénomènes de torsion observés sur des tiges métalliques, sur des arbres, etc., ne doivent pas être attribués à la foudre proprement dite*, mais sont seulement des conséquences de l'explosion de la matière fulminante, car la foudre proprement dite n'existe plus alors, et l'on n'en observe plus que des conséquences éloignées.

Quand donc on parle de *foudre spirale*, dans l'intention de rapporter à la foudre proprement dite la cause de la trajectoire en spirale laissée sur des arbres, sur le corps humain, etc., on opère une véritable confusion sur la cause de l'effet produit, laquelle est une cause postérieure à la foudre proprement dite, qui a disparu quelquefois plusieurs minutes auparavant.

Il y a cependant un cas où la foudre proprement dite donne une trajectoire spirale : c'est quand elle arrive tangentiellement sur la surface propre et conductrice d'un objet ou d'un arbre cylindrique ou conique. Mais alors c'est la *ligne géodésique* qui suit la foudre sur cette surface, c'est-à-dire la trajectoire à la fois la plus courte et la moins résistante. La foudre proprement dite n'obéit en rien alors à une tendance hélicoïdale obscure qui serait tantôt dextrorsum et tantôt sinistrorsum. S'il en était ainsi, il y aurait deux sortes d'éclairs fulgurants, les uns *droits*, les autres *gauches*, ce que l'observation, à notre connaissance du moins, n'a jamais montré jusqu'ici.

M. **M. Caullery** fait hommage à l'Académie d'un nouveau volume paru dans la Section de biologie générale de l'Encyclopédie scientifique, *La Parthénogenèse*, par M. Albert Vandel, et dont il a écrit la *Préface*.

Sir **Ernest Rutherford** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage, écrit en collaboration avec MM. James Chadwick et C. D. Ellis, intitulé *Radiations from Radioactive Substances*.

M. **W. Vernadsky** fait hommage d'une Note intitulée *Les isotopes et la matière vivante*.

ÉLECTIONS.

M. **Henri Lagatu** est élu Correspondant pour la Section d'économie rurale par 24 suffrages contre 12 à M. *René Paillot*, 3 à M. *Émile Terroine* et 2 à M. *Jean Feytaud*, en remplacement de M. *Godlewski* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. B. **Berloty** adresse un Rapport supplémentaire sur l'emploi de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* à l'Observatoire de Ksara.

Le **Général commandant l'École Polytechnique** adresse un Rapport sur l'emploi des deux subventions qui ont été accordées à cette école sur la *Fondation Loutreuil* en 1927 et 1928.

M. le **Président de la Société scientifique d'Arcachon** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

Le **Conseil de la British Association for the Advancement of Science** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter au *Centenaire de sa fondation* les 23-30 septembre 1931.

L'**Institut Carnegie de Technologie** annonce qu'une troisième Conférence internationale sur le *Charbon bitumineux* se tiendra à Pittsburgh du 16 au 21 novembre 1931.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude sur l'utilisation de l'énergie des marées en France*, par Georges Moreau.

2° The Geological Survey of Kwantung and Kwangsi. *Palaeontological Memoir*, vol. 1.

3° *Memorie della Reale Accademia d'Italia*. Classe di Scienze fisiche mathematiche e naturali, volume 1.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un problème posé par Chasles (Généralisation du théorème de Pascal).* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Ce problème, formulé dans l'*Aperçu historique*, est celui de *reconnaître à quelle condition une courbe algébrique (plane ou gauche) ou une surface peut contenir un point de plus qu'il n'est nécessaire pour la définir* (c'est-à-dire à quelle condition, par exemple, une cubique plane ou une quadrique contient dix points donnés; une quartique plane, quinze points, etc.).

Or on peut ramener en général ce problème à celui de trouver le dernier point d'intersection de la courbe ou surface (supposées de degré n) avec une courbe unicursale (plane ou gauche) quand tous les autres points de rencontre sont connus. Et cette question à son tour revient *à trouver le dernier homologue de $(n-1)$ points connus dans une involution d'ordre n définie sur la courbe unicursale* [1].

Dans le cas des cubiques, quartiques et quadriques, on peut prendre pour unicursale une conique, et, d'autre part, les propriétés connues des systèmes linéaires de coniques à 2 ou 3 paramètres permettent alors de soudre géométriquement le dernier problème, et par suite celui de Chasles; ainsi d'ailleurs que maints autres tels que ceux-ci : construction *continue* par points d'une cubique définie par neuf points; construction des coniques qui lui sont tangentes, osculatrices, surosculatrices, ...; détermination du neuvième point de base d'un faisceau de cubiques, etc. Voici à titre d'exemple quelques énoncés relatifs au *problème de Chasles*.

2. *Une cubique étant définie par neuf points* $A_1, \ldots, A_9$, *une condition nécessaire et suffisante pour que cette courbe contienne un dixième point* A_{10} *est la suivante :*

Ayant déterminé les six trios de points $(m_1), (m_2), \ldots, (m_6)$ suivant lesquels la conique Γ, menée par les points A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, coupe respectivement six cubiques dégénérées (formées d'une conique et d'une droite) dont les trois premières passent par les sept points $A_1, A_2, A_3, A_6, A_7, A_8, A_9$ et les trois autres par les sept points $A_1, A_2, A_3, A_6, A_7, A_8, A_{10}$; puis considérant les six coniques $\gamma_1, \ldots, \gamma_6$ dont chacune passe respectivement par un de ces six trios de points et par deux points fixes arbitraires :

---

[1] Pour les propriétés d'une telle involution, voir : *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 194; et *Journ. Éc. Polytechnique*, 27e Cahier, 1929, p. 1.

a (situé sur Γ) et b; si Q est le point de concours des trois cordes (différentes de ab) que les trois premières coniques $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ont deux à deux en commun, et si Q′ est le point analogue pour $\gamma_4, \gamma_5, \gamma_6$; si enfin α et β sont les deux points homologues communs aux deux involutions engendrées sur la droite QQ′ respectivement par $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ et par $\gamma_4, \gamma_5, \gamma_6$; *la condition cherchée est que les six points* A_4, A_5, a, b, α, β *soient une même conique.*

3. *Condition nécessaire et suffisante pour qu'une quartique définie par quatorze points* $A_1, \ldots, A_{14}$ *contienne un quinzième point donné* A_{15} :

Ayant déterminé les quatre groupes de quatre points en lesquels la conique Γ, menée par A_1, A_2, A_3, A_4, A_{12}, coupe quatre des quartiques dégénérées (formées d'une cubique et d'une droite) passant par les onze points $A_1, \ldots, A_{11}$; puis ayant construit une conique σ harmoniquement inscrite aux quatre coniques dont chacune passe par un de ces groupes de points et par un point arbitraire α du plan; si l'on appelle $(M_1)(M_2)(M_3)$ les trois trios de points en lesquels (en dehors de A_{12}) Γ rencontre trois des coniques qui sont harmoniquement circonscrites à la conique σ et qui passent par les deux points α et A_{12}; si de même $(M'_1)(M'_2)(M'_3)$, $(M''_1)(M''_2)(M''_3)$, $(M'''_1)(M'''_2)(M'''_3)$ sont trois autres groupes analogues de points obtenus en remplaçant, dans les constructions précédentes, un des points $A_5 \ldots A_{11}$ successivement par A_{13}, A_{14} et A_{15}; si enfin $(\mu_1)(\mu_2)(\mu_3)$, $(\mu'_1)\ldots$, $(\mu''_1)\ldots$, $(\mu'''_1)\ldots$ sont les quatre groupes de points correspondant aux précédents sur une cubique gauche γ dont la conique Γ soit la projection, *la condition demandée est que le point* ω, *commun* aux trois plans définis par les trois trios de points $(\mu_1)(\mu_2)(\mu_3)$, et les trois points analogues ω', ω'', ω''' fournis par les trois autres systèmes de points $(\mu'_1)\ldots$, $(\mu''_1)\ldots$, $(\mu'''_1)\ldots$, *soient tous les quatre dans un même plan.*

4. *Condition nécessaire et suffisante pour qu'une quadrique, définie par neuf points* $A_1, \ldots A_9$, *passe par un dixième point* A_{10}.

Ayant déterminé les quatre groupes de quatre points en lesquels le cercle Γ mené par A_7 A_8 A_9 coupe quatre des quadriques dégénérées (formées de deux plans) passant par les six points A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6; puis ayant construit une conique σ harmoniquement inscrite aux quatre coniques dont chacune passe par un de ces groupes de quatre points et par un point arbitraire α du plan; si alors γ est la conique qui passe par les quatre points A_7 A_8 A_9 α et qui est harmoniquement circonscrite à la conique σ; et si γ' est la conique analogue obtenue en remplaçant, dans les constructions précédentes, l'un quelconque des points A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 par le point A_{10}, *la condition demandée est que les trois coniques* Γ, γ *et* γ' *passent par un même point.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme.* Note [1] de MM. V. CHEPELEFF et M. LAVRENTIEFF, présentée par M. Hadamard.

Le but de cette Note est d'indiquer quelques propriétés nouvelles des fonctions analytiques univalentes.

1. Pour démontrer les propositions qui suivent, le lemme suivant est essentiel :

LEMME. — *Soit $\mathcal{D}^*$ le domaine qu'on obtient en enlevant du demi-plan $\mathcal{I}(w) > 0$, $w = u + iv$, un continu F contenant un point de l'axe réel et contenu dans le demi-plan $\mathrm{R}(w) > 0$. Désignons par $\mathcal{D}$ le domaine simplement connexe maximal contenant le point $w = i$ et contenu dans $\mathcal{D}^*$. Alors, si $w = f(z)$, $f(0) = 0$, $f(i) = i$ est la fonction qui réalise la représentation conforme du demi-plan $\mathcal{I}(z) > 0$ sur le domaine $\mathcal{D}$, nous avons $\mathrm{R}[f(iy)] < 0$ pour $0 < y < 1$.*

Pour démontrer ce lemme, nous considérons d'abord le cas particulier où le continu F est un segment rectiligne infiniment petit et formant avec l'axe imaginaire un angle infiniment petit du même ordre. Dans ce cas, on obtient le résultat nécessaire au moyen de la formule de Christoffel-Schwarz. On en déduit que le lemme est encore vrai si F est un arc simple analytique. Le cas général s'obtient immédiatement en appliquant le théorème connu de M. Carathéodory sur les familles de fonctions univalentes.

En réalisant quelques représentations conformes, on déduit de ce lemme les théorèmes suivants :

THÉORÈME I. — *Soit $\mathcal{D}$ un domaine simplement connexe contenant le cercle $|z| < 1$. Alors, dans la représentation conforme $w = f(z)$, $f(0) = 0$ du domaine $\mathcal{D}$ sur le cercle $|w| < 1$, il correspond au cercle $|z| < \mathrm{R} \leqq 1$ un domaine étoilé* [2].

THÉORÈME II. — *Quel que soit le domaine $\mathcal{D}$ simplement connexe contenant le point $z = 0$ et dont la frontière a pour tangente l'axe réel au point $z = 1$, la fonction $w = f(z)$, $f(0) = 0$ qui réalise la représentation conforme du domaine $\mathcal{D}$ sur le cercle $|w| < 1$, ne peut être régulière et univalente dans le cercle $|z| < \mathrm{R} > 1$.*

---

[1] Séance du 22 décembre 1930.

[2] On appelle domaine étoilé tout domaine simplement connexe contenant le point $w = 0$ et tel que chaque demi-droite issue de ce point coupe la frontière du domaine en un seul point.

2. En appliquant le théorème I et un théorème de M. Lavrentieff [1], on obtient le résultat suivant :

THÉORÈME. — *Soit $w = f(z)$ une fonction réalisant la représentation conforme du cercle $|z| < 1$ sur un domaine $\mathcal{D}$ simplement connexe; on suppose $f(0) = 0$, $f'(0) = 1$. Considérons, dans le plan w, n demi-droites issues de l'origine et formant des angles égaux. Dans ce cas, la partie de l'une au moins de ces demi-droites située dans le cercle $|w| < \frac{1}{\sqrt[n]{4}}$ appartient au domaine $\mathcal{D}$.*

La constante $\frac{1}{\sqrt[n]{4}}$ ne peut pas être remplacée par une constante inférieure sans que le théorème cesse d'être vrai [2].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une propriété générale des fonctions entières d'ordre infini.* Note [3] de M. **Henri Milloux**, transmise par M. Émile Borel.

1. On sait que toute fonction entière $f(z)$ d'ordre fini ρ supérieur à $\frac{1}{2}$ possède au moins deux demi-droites de Borel; d'une façon un peu plus précise, il existe au moins deux suites de cercles C_n, C'_n (cercles de remplissage), tels que dans chacune des suites, l'exposant de convergence des zéros de $f(z) - a$ est égal à ρ, sauf pour une valeur finie de a au plus. Les cercles C_n, C'_n sont contenus dans la même couronne circulaire :

$$r_n^{1-\varepsilon_n} \leq |z| \leq r_n^{1+\varepsilon_n} \quad (\lim \varepsilon_n = 0).$$

Ils sont vus de l'origine sous des angles qui tendent vers zéro avec $\frac{1}{n}$ et la différence des arguments de leurs centres est bornée inférieurement par un nombre positif ne dépendant que de ρ.

2. *Une propriété analogue est valable pour les fonctions entières d'ordre infini.*

On ne peut, bien entendu, songer à démontrer l'existence de deux demi-droites analogues aux demi-droites de Borel, puisqu'il existe des fonctions

---

[1] *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 827.

[2] Les cas où $n = 1, 2$ sont classiques; dans les cas $n = 3, 4$, le problème a été résolu par M. Kotchine (*Bulletin du 1er Congrès des Mathématiciens de l'U.R.S.S. à Kharkow*, 1930; sous presse).

[3] Séance du 22 décembre 1930.

entières d'ordre infini, qui sont d'ordre fini à l'extérieur d'un angle d'ouverture arbitrairement petite. Mais on peut démontrer l'existence de deux suites distinctes de cercles de remplissage ; d'une façon précise, on a le théorème suivant :

Théorème. — *Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre infini, à indice caractéristique $T(r)$. Il existe une suite de couronnes circulaires :*

$$(\Gamma_n) \qquad (1-\varepsilon_n) r_n \leq |z| \leq (1+\varepsilon_n) r_n$$

avec

$$\lim r_n = \infty, \quad \lim \frac{\log T(r_n)}{\log r_n} = \infty, \quad \lim \varepsilon_n = 0,$$

telles que dans chaque Γ_n se trouvent deux cercles C_n, C'_n, satisfaisant aux conditions suivantes :

1° *Ils sont vus de l'origine sous des angles dont les ouvertures sont de l'ordre de grandeur de $[T(r_n)]^{-\lambda}$, λ étant une constante positive inférieure à un tiers : on peut choisir cette constante arbitrairement.*

2° *La différence des arguments de leurs centres est au moins de l'ordre de grandeur de*

$$\log^{-1-\varepsilon'_n} T(r_n) \qquad (\lim \varepsilon'_n = 0).$$

3° *Le nombre des zéros de $f(z) - a$ dans chacun des cercles C_n, C'_n est au moins égal à une quantité k de l'ordre de grandeur de $[T(r_n)]^{1-3\lambda}$, sauf peut-être pour des valeurs de a, dont les images sphériques sont incluses dans deux petits cercles de rayon e^{-k}* (¹).

Il résulte de ce théorème que, si l'on considère les zéros de $f(z) - a$ situés dans chacune des suites C_n, C'_n, l'exposant de convergence de ces zéros est infini, sauf peut-être pour une valeur au plus de a.

3. La démonstration du théorème précédent est basée sur les deux lemmes suivants :

Lemme I. — *Dans tout intervalle rR, tel que*

$$\log R = \log r + \frac{10}{\varepsilon[\log T(r)]^{\varepsilon}},$$

il existe une valeur r' du module $|z|$, pour laquelle la fonction $f(z)$, à indice caractéristique $T(r)$, vérifie l'inégalité

$$\log |f(r' e^{i\varphi})| \geq \alpha T(r') \qquad (0 \leq \varphi < 2\pi).$$

(¹) L'un de ces petits cercles entoure nécessairement le point à l'infini sur la sphère de Riemann.

pour des valeurs de φ, dont l'ensemble est de mesure au moins égale à

$$6(1-\alpha)\log^{-1}\ \mathrm{T}(r').$$

Lemme II. — *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans le cercle (C) de centre O et de rayon $1+\varepsilon$; on suppose les inégalités suivantes vérifiées :*

a. $\log|f(z)|\leqq \mathrm{T}'$, *dans le cercle de centre O et de rayon $\frac{1}{2}$.*

b. $\log|f(z)|\geqq \mathrm{T}$ *en un point au moins de la circonférence de centre O et de rayon* 1.

Alors, il existe, dans le cercle (C), un cercle (γ) de rayon ε, contenant à son intérieur un nombre de racines de toute équation $f(z)-a=0$, au moins égal à

$$n=\varepsilon^2[\mathrm{T}\varepsilon\mathrm{O}(1)-\mathrm{T}'\mathrm{O}(1)-\mathrm{O}(1)],$$

sauf peut-être pour des valeurs de a dont les images sphériques sont incluses dans deux petits cercles de rayon e^{-n}.

Cet énoncé suppose que n dépasse une certaine constante numérique.

4. Le théorème énoncé dans cette Note s'étend aux fonctions méromorphes d'ordre infini possédant une valeur exceptionnelle (au sens large du mot).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Considérations dynamiques adjointes à la Géométrie ondulatoire.* Note [1] de M. **A. Buhl.**

En deux Notes précédentes [2], nous avons exposé les lignes essentielles d'une Géométrie ondulatoire qui semble avoir un grand intérêt propre. Venons maintenant aux considérations mécaniques qui peuvent s'insérer dans cette Géométrie.

Lorsqu'un système, dépendant de coordonnées x_i, est régi par l'équation de Jacobi

$$\mathrm{F}\left(x_i, \frac{\partial \mathrm{S}}{\partial x_i}\right)=h, \tag{1}$$

on peut associer à celle-ci l'équation plus complexe

$$\mathrm{F}\left(\frac{x_i}{\mathrm{S}}, \frac{\partial \mathrm{S}}{\partial x_i}\right)=h, \tag{2}$$

---

(1) Séance du 22 décembre 1930.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 545 et 693.

possédant des solutions homogènes telles que, sur les variétés d'équation $S=1$, un cône de sommet O découpe des cloisons pour lesquelles une intégrale attachée à l'une d'elles est, de même, attachée à toutes. *Il y a, dans le cône, propagation invariante de cette intégrale d'une cloison à l'autre*. Si cette intégrale comporte des points singuliers, ceux-ci semblent pouvoir être assimilés aux singularités corpusculaires accompagnant la propagation ondulatoire d'où une explication du fait d'après lequel, en Mécanique ondulatoire, il ne semble pas y avoir de distinction essentielle entre la dynamique du point et celle du système. Au mouvement d'un seul point est attachée une propagation d'ondes pouvant transporter un nombre quelconque de corpuscules; les mouvements de l'ensemble ne dépendent que de l'équation de Jacobi (1) et de son associée (2) écrites initialement avec les coordonnées d'un seul point.

Prenons, précisément pour le cas d'un point, l'équation de Jacobi

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2=2m[\mathrm{E}-\mathrm{U}(x, y, z)].$$

L'équation (2) associée est

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2=2m\left[\mathrm{E}-\mathrm{U}\left(\frac{x}{f}, \frac{y}{f}, \frac{z}{f}\right)\right].$$

Elle est identifiable avec l'équation (8), de la première Note précitée,

$$\theta\left(\frac{x}{f}, \frac{y}{f}, \frac{z}{f}\right)f^{-3}\left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}=\psi(x, y, z);$$

équation qui régit les surfaces d'ondes S sur lesquelles, du point de vue O, l'intégrale

$$\iint \theta(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z})\,d\mathrm{S}$$

se projette coniquement de manière invariante.

D'importants développements concernent les relations géométriques unissant les trajectoires ponctuelles initiales et certaines courbes génératrices des surfaces d'ondes associées.

Quand celles-ci sont les surfaces de Monge, de notre seconde Note, construites à partir des spirales sinusoïdes,

(3) $$r^n=\mathrm{R}^n\cos n(\theta-\mathrm{C}),$$

on a

(4) $$2m[\mathrm{E}-\mathrm{U}(r)]=\frac{\mathrm{R}^{2n}}{r^{2n+2}}.$$

D'autre part, un point peut décrire une trajectoire (3) sous l'influence d'une fonction de forces qui, à une constante additive près, est [1]

$$U = \frac{mC_1^2}{2} \frac{R^{2n}}{r^{2n+2}}, \tag{5}$$

si C_1 est la constante des aires. On voit l'analogie des résultats (4) et (5) qui coïncident même complètement pour $mC_1 = 1$.

De façon générale, les projections corpusculaires coniques qui se dessinent à l'opposite d'un centre de force font penser aux chevelures cométaires qui, si le point de vue théorique précédent était admis, se trouveraient englobées dans des phénomènes ondulatoires accompagnant obligatoirement la gravitation, sans que l'on ait besoin d'invoquer quelque force répulsive spéciale émanée du Soleil.

Quant au procédé fonctionnel très simple qui permet de passer de (1) à (2), il est susceptible d'être généralisé de manière que la projection conique, donc rectiligne, soit remplacée par des projections d'une nature géométrique différente.

ASTRONOMIE. — *Sur une Carte du Ciel de la Bibliothèque nationale de Paris.* Note [2] de M. **Kao Lou**.

La Carte du Ciel, qui porte le numéro Ge A. 720 de la Section des Cartes de la Bibliothèque nationale de Paris, est une carte chinoise, comme le dit l'un des bibliothécaires; elle est aussi appelée planisphère du Père Grimaldi. Autour de cette carte et les nombreuses figures qui l'ornent, on observe des notations abondantes en langue chinoise avec traduction latine.

Une chose frappe à première vue, c'est que toutes les figures sont semblables à celles d'une carte européenne; en examinant ensuite de plus près, on trouve deux cercles concentriques portant les noms de vingt-huit constellations chinoises, sur celui de l'intérieur les divisions sont égales et ces deux cercles ne suivent pas l'inclinaison de ces vingt-huit constellations; enfin cette carte est une hémisphère australe qui doit appartenir au système français; l'auteur a choisi la colombe pour remplacer la division régionale de la saison d'été et dans le côté opposé il a ajouté une petite

---

(1) P. Appell, *Traité de Mécanique*, 1, 1909, p. 389.

(2) Séance du 22 décembre 1930.

figure pour représenter la région d'hiver, il n'y a ni celle du printemps, ni celle de l'automne. L'ancienne carte régionale chinoise n'existe plus, mais les principales figures et les divisions des livres classiques nous rappellent sa constitution et nous autorisent à la diviser en quatre parties : chaque division correspond à une saison, parce que les anciens astronomes assuraient leur service en observant le ciel pour déterminer une saison plus ou moins avancée ou retardée; si l'une des grandes figures occupe toute la région du Sud, la saison correspondante bat son plein, d'où les bases des premières observations chinoises.

La méthode des observations chinoises pour la division régionale est plus ancienne que les vingt-huit constellations; on partageait d'abord le ciel en quatre parties : l'Est représenté par le dragon, le Sud par l'oiseau, l'Ouest par le tigre, et le Nord par la tortue; chacune de ces quatre figures est distinctive de sa saison : le printemps par le dragon vert, l'été par l'oiseau rouge, l'automne par le tigre blanc et l'hiver par la tortue noire; on peut donc comprendre facilement que le ciel soit divisé en quatre parties pour faciliter les observations périodiques, d'où le nom de carte régionale. Au cours de l'année 1922, j'ai essayé de reconstituer ces quatre cartes pour mes cours d'histoire astronomique faits à l'Université de Peipeing; on trouve ces cartes dans l'histoire abrégée de l'évolution astronomique qui doit paraître prochainement.

En conclusion, cette carte si intéressante ne me paraît pas avoir été construite scientifiquement :

1° La région correspondant à chaque saison a une étendue déterminée : à l'Est 76°, au Sud 110°, à l'Ouest 98° 1/4 et au Nord 81°; en somme le tour du ciel divisé en trois cent soixante-cinq degrés et un quart est un système chinois, on ne peut donc y appliquer les principes d'une carte européenne;

2° D'après l'histoire générale ou du catalogue des étoiles de Kan-Che, chaque figure occupe une région complète, un petit astérisme ne peut donc pas la représenter.

3° On constate sur le cercle intérieur que les divisions des constellations sont toutes égales, ce qui est contraire aux chiffres donnés que je résume en les groupant en quatre régions et, dans chaque région, dans l'ordre successif suivant :

1re région.				2e région.				3e région.				4e région.			
11	54	27	39	24	2	54	19	14	14	15	56	32	17	13	43
9	27	26	25	6	42	49	35	12	6	13	45	1	37	9	10
16	50	19	23	11	0	55	31	15	21	24	6	12	35	33	3
5	35	5	54	8	36	2	41	10	57	37	9	6	1	2	34
7	20	38	38	14	43	49	55	16	41	49	1	17	5	49	9
18	42	15	34	17	4	49	5	1	32	56	49	18	33	54	44
10	1	40	37	10	59	51	15	10	15	33	54	17	17	30	26

Pour les raisons que je viens de citer, il est difficile de la considérer comme une carte chinoise. Elle ne peut pas avoir plus de deux siècles et demi, parce que parmi les notations chinoises on y trouve cité un Ouvrage assez récent qui a pour titre *Tien-Yang-Li-Ley;* cet Ouvrage a une préface datée de 1682, ce livre a été écrit par Sui Fa, et fait partie du fond courant sous le numéro 4927 de ce catalogue. Si l'on examine le côté européen des figures de cette carte, on trouve d'autres témoins plus intéressants encore. On peut supposer que cette carte a été dressée vers 1711.

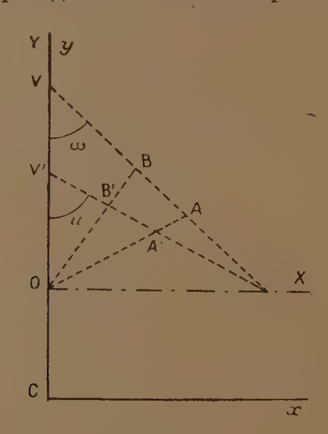
ASTRONOMIE. — *Sur les formules homographiques de verticité et leur développement direct.* Note [1] de M. **J. Ph. Lagrula**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. En faisant abstraction de la partie accidentelle des mouvements propres, les causes d'altération de la similitude entre les perspectives du ciel relevées à des instants ou en des lieux différents, sur des tableaux parallèles, sont : la réfraction atmosphérique, les diverses aberrations, les courants stellaires, et la parallaxe par changement de position du Soleil entraîné vers l'apex. Chacun de ces phénomènes est défini par le *déplacement* angulaire général ou partiel des étoiles *vers un pôle*, suivant une loi où n'intervient qu'une seule coordonnée sphérique : la distance à ce pôle. Cette particularité commune, que nous qualifions en employant, par extension de son sens en physique, le mot verticité, permet de synthétiser l'étude de ces changements d'aspect en un seul problème dont l'homologie par perspective centrale, notion utilisée par Turner dès 1893, fournit la solution presque immédiate sous la forme que voici :

II. Tangentiellement à la sphère de rayon 1 et de centre L (point de

(1) Séance du 22 décembre 1930.

vue) soient : P le tableau de perspective, de centre C, dans lequel nous traitons le problème, et P′ un tableau auxiliaire de centre V′, pôle de verticité. Appelons α, l'angle CLV′, inclinaison des tableaux; z (distance polaire) et u (angle au pôle), les coordonnées sphériques vraies d'une étoile



rapportée au pôle V′ et au grand cercle V′C; $z - \Delta(z)$ et u (inchangée) les coordonnées apparentes de l'astre déplacé conventionnellement vers le pôle quand on donne le signe positif à la fonction $\Delta(z)$, loi de verticité; V, le point conjugué de V′; enfin A, B, dans P et A′, B′, dans P′, les perpectives vraies et apparentes de l'étoile.

III. Figurons le rabattement classique de P′ sur P autour de leur intersection OX, axe d'homologie. On a évidemment :

$$\overline{\mathrm{CO}} = \overline{\mathrm{OV'}} = \mathrm{tang}(\alpha : 2), \qquad \overline{\mathrm{CV}} = \mathrm{tang}\,\alpha, \qquad \overline{\mathrm{A'V'}} = \mathrm{tang}\,z,$$

et

$$(1) \qquad \overline{\mathrm{V'B'}} = m = \mathrm{tang}\,z - \mathrm{tang}[z - \Delta(z)].$$

Dans le système rectangulaire $x\mathrm{C}y$, auquel, vu le champ pratiquement restreint du tableau P, il convient de rapporter les objets, désignons respectivement par x, y et $x + \Delta x$, $y + \Delta y$, les coordonnées de A et B. Dans le système XOY, appelons $\mathrm{Y} = y - \mathrm{tang}(\alpha : 2)$ et Y′ les ordonnées des points conjugués A, A′; celles des points conjugués B, B′ sont

$$y + \Delta y - \mathrm{tang}(\alpha : 2) \qquad \text{et} \qquad \mathrm{Y}' + m \cos u.$$

IV. Il s'agit d'exprimer Δx, Δy en fonction des variables x, y : 1° Écrivons l'une des équations fondamentales de la conjugaison entre A′ et A, A et A′,

B et B′ :

$$(2)\qquad Y' = Y:(1 + Y \sin\alpha) = [y - \operatorname{tang}(\alpha:2)]:(\cos\alpha + y\sin\alpha).$$

$$y - \operatorname{tang}(\alpha:2) = Y = Y':(1 - Y'\sin\alpha),$$

$$y + \Delta y - \operatorname{tang}(\alpha:2) = (Y' + m\cos u):[1 - (Y' + m\cos u)\sin\alpha].$$

Par différence et élimination de Y′, on obtient :

$$(3)\qquad \Delta y = \frac{m(\cos\alpha + y\sin\alpha)^2\cos u}{1 - m(\cos\alpha + y\sin\alpha)\cos u \sin\alpha}.$$

2° Des relations évidentes :

$$\operatorname{tang} u \cos\alpha = \operatorname{tang}\omega = x:(\overline{\mathrm{CV}} - y),$$

on tire

$$(4)\qquad \operatorname{tang} u = x:(\sin\alpha - y\cos\alpha),$$

et d'ailleurs

$$(5)\qquad \Delta x = -\Delta y \operatorname{tang}\omega = -\Delta y \operatorname{tang} u \cos\alpha.$$

3° Enfin z, qui figure dans m, résulte de la relation

$$\overline{\mathrm{A'V'}}\cos u = \overline{\mathrm{OV'}} - Y' = \operatorname{tang}(\alpha:2) - Y',$$

d'où, vu (2),

$$(6)\qquad \overline{\mathrm{A'V'}} = \operatorname{tang} z = \frac{\sin\alpha - y\cos\alpha}{\cos\alpha + y\sin\alpha}\operatorname{s\acute{e}c} u,$$

Les formules (3), (4), (5), (6) constituent, sous forme finie, la solution du problème dès que, dans l'expression (1), on fixe la loi $\Delta(z)$.

V. Dans le développement de $\Delta x, \Delta y$, suivant les puissances entières des variables x, y autour de l'origine et tant que l'on ne dépasse pas le second ordre — approximation déjà rarement retenue dans le calcul de l'effet différentiel des phénomènes de verticité — il est inutile de modifier la structure de ces relations, et très laborieux d'appliquer la méthode différentielle. Le simple appel à la forme analytique et l'emploi de la méthode des coefficients indéterminés fournissent, presque à vue, ce développement et, incidemment, celui des coordonnées sphériques. Nous mettons en évidence ce mode de simplification qui semble avoir passé inaperçu, en reprenant ailleurs, sur cette base et jusqu'au second ordre, le problème de la réfraction différentielle dans le plan tangent.

IONISATION DES GAZ. — *Sur la constante diélectrique et la conductibilité des gaz ionisés.* Note de MM. **Th. V. Jonescu** et **C. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

M. H. Gutton [1] a montré que, pour une longueur d'onde donnée, une faible ionisation diminue la constante diélectrique du gaz et une forte ionisation l'augmente. Au moment où a lieu ce changement de signe se produit une forte absorption caractéristique des phénomènes de résonance.

Plus tard MM. Bergmann et Düving [2] ont étudié l'effet des électrons sur la constante diélectrique. Ils ont trouvé que la variation de la constante diélectrique était négative et proportionnelle au carré de la longueur d'onde comme l'indique la théorie d'Ercles.

Nous nous sommes proposé d'étudier la constante diélectrique et la conductibilité des gaz ionisés par un courant électronique.

Méthode expérimentale. — Le gaz est ionisé dans un tube de verre, que l'on vide à chaud (400°) pendant 6 heures. A un bout du tube se trouve un filament de tungstène de $0^{mm},2$ de diamètre et de 20^{mm} de longueur, en face duquel, à une distance de 4^{mm}, se trouve une grille. Du même côté, à une distance de 7^{cm}, se trouve un anneau de cuivre, puis à 17^{cm}, une plaque en aluminium.

Entre le filament et la grille on applique une différence de potentiel de 100 à 250 volts; entre le filament et l'anneau, un potentiel accélérateur qu'on peut faire varier de 400 à 2800 volts.

L'anneau et la plaque sont reliés par un milliampèremètre qui mesure le courant dans cette portion du tube.

Sur la portion du tube comprise entre l'anneau et la plaque sont collées extérieurement deux feuilles d'étain formant les armatures du condensateur de mesures. Celui-ci monté en parallèle avec un autre condensateur variable, à lame de verre mobile, étalonné, constitue la capacité du circuit résonateur, qui est couplé avec un oscillateur. Quand on ionise le gaz, la fréquence propre du résonateur est changée par suite de la variation ΔC de la capacité C due au changement de la constante diélectrique du gaz, et

(1) H. Gutton et I. Clément, *Onde électrique*, 5, 1927, p. 137. — H. Gutton, *Ann. de Phys.*, 13, 1930, p. 62.

(2) Bergmann und Düring, *Ann. der Phys.*, 1, 1929, p. 1041.

de la conductance $\frac{1}{\rho}$ du gaz, qui joue le rôle d'une résistance ρ en dérivation sur le condensateur. On peut rétablir la période propre du résonateur en faisant varier la capacité du condensateur étalonné d'une quantité ΔC_i.

Nos mesures sont effectuées à une pression de $0^{mg},0004$ de Hg.

La conductance $\frac{1}{\rho}$ et la variation de la capacité ΔC dues à un nombre N d'électrons par cm³ peuvent être calculées par les formules suivantes [1] :

$$\Delta C = C\frac{Ne^2\lambda^2}{\pi mc^2}\left[1 - \frac{\sin\omega T}{\omega T}\right] \quad \text{et} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{C}{T}\frac{Ne^2\lambda^2}{\pi mc^2}[1 - \cos\omega T],$$

où T représente le temps nécessaire à l'électron pour traverser le condensateur, λ la longueur d'onde de l'oscillateur, et c la vitesse de la lumière.

On déduit la conductance $\frac{1}{\rho}$ de l'amortissement α_0 du résonateur sans courant électronique, et de l'amortissement α_c avec le courant électronique, par la formule

$$\frac{1}{\rho} = 2c'(\alpha_c - \alpha_0) \text{ U. E. S.}$$

De même la variation de la capacité ΔC se déduit de la variation observée Δc; par la formule [2]

$$\Delta C = \Delta C_i - \frac{C'\lambda^2}{\pi c^2}(\alpha_c^2 - \alpha_0^2) \text{ U. E. S.}$$

Nous avons constaté que, lorsque l'anneau et la plaque sont au même potentiel, ΔC et $\frac{1}{\rho}$ varient proportionnellement à l'intensité du courant électronique.

Les valeurs obtenues dans ces conditions pour différentes longueurs d'onde ont été alors réduites à la valeur d'un courant électronique égale à un milliampère et divisées par λ^2.

Si l'on examine comment varient avec la longueur d'onde les valeurs ainsi réduites on voit dans le cas de l'air que la variation $\frac{\Delta C}{\lambda^2}$ est négative pour des longueurs d'onde comprises entre 2 et 12^m puisqu'elle devient ensuite

(1) Ces formules ont été données également par Salpeter et Elios (cf. MESNY, *Les ondes électriques courtes*); M.-S. Benner (*Annalen der Physik*, 3, 1929, p. 993) est arrivé aux mêmes formules mais par une autre voie.

(2) C′ représente la capacité totale du résonateur tandis que C représente la capacité du condensateur variable.

positive. Elle est indépendante du potentiel accélérateur dans l'intervalle de 400 à 2800 volts. La longueur d'onde pour laquelle $\frac{\Delta C}{\lambda^2}$ change de signe est indépendante de l'intensité pour un courant compris entre 0 et 2 milliampères.

La conductance $\frac{1}{\rho\lambda^2}$ proportionnelle elle aussi à l'intensité d'ionisation varie avec la longueur d'onde d'une façon moins simple. Pour un potentiel accélérateur de 400 volts elle accuse deux maxima : pour $\lambda = 2^m, 4$, et pour $\lambda = 6^m$ et en minimum pour $\lambda = 3^m, 30$. Pour des longueurs d'ondes plus grandes elle décroît vite et tend vers zéro pour $\lambda = \infty$.

Pour 1600 volts $\frac{1}{\rho\lambda^2}$ reste constante jusqu'à 6^m puis elle tend vite vers zéro quand la longueur d'onde augmente davantage.

ÉLECTRONIQUE. — *Interprétation théorique de l'effet Davis-Barnes.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. M. de Broglie.

La théorie que nous proposons pour expliquer l'effet Davis-Barnes [1] a pour point de départ une formule de Stueckelberg et Morse [2] donnant la section efficace de recombinaison dans un état n, l, prise pour mesure de la probabilité relative, à savoir :

$$q(k; n, l) = F(k; n, l).S(k, l),$$

$F(k; n, l)$ est une fonction de k continue et ne s'annulant pas pour k positif, qu'il est inutile d'expliciter ici ; k est l'indice caractérisant le faisceau électronique et défini par

$$k^2 = \frac{Rh Z^2}{W} \qquad (k > 0),$$

W, énergie cinétique des électrons relativement aux particules α ; R, constante de Rydberg.

Enfin

$$S(k, l) = \frac{k^{2l+6}}{k^2 \, | k^2 - 1^2 | . | k^2 - 2^2 | \ldots | k^2 - (l-1)^2 |}.$$

(1) Bergen Davis et A. H. Barnes, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 54. — A. H. Barnes, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 217-228.

(2) E. C. G. Stueckelberg et P. M. Morse, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 16.

Si k augmente indéfiniment, q a une expression asymptotique proportionnelle à $\frac{1}{W}$.

D'autre part, nous admettons que les probabilités des diverses transitions s'ajoutent lorsqu'on veut obtenir la section efficace totale.

Discontinuités des fonctions q. — La fonction $q(k; n, l)$ est trop compliquée pour qu'on puisse étudier rigoureusement sa variation en fonction de k, mais elle contient en facteur la fonction $S(k, l)$ discontinue pour toutes les valeurs entières de k jusqu'à $l-1$. Lorsque k tend vers une de ces valeurs k_i, $q(k; n, l)$ croît indéfiniment.

Pour obtenir la section efficace totale $q(k)$ nous devons ajouter tous les $q(k; n, l)$ pour toutes les valeurs possibles de n et l. On vérifie que la série est convergente pour toutes les valeurs non entières de k; si k tend vers une valeur entière quelconque, $q(k)$ croît indéfiniment et présente une infinité de discontinuités puisque chaque terme $q(k; n, l)$ est discontinu pour les $l-1$ valeurs entières de k inférieures à l.

Interprétation physique. — $q(k)$ n'est qu'une représentation analytique approchée de la section efficace vraie de recombinaison. Mais celle-ci passe seulement par une grande valeur, par une pointe, tandis que la fonction $q(k)$ est infinie si k passe par une valeur entière. Semblable fait se rencontre fréquemment en physique.

Aux valeurs entières de k correspondent, par rapport aux particules α, des énergies cinétiques des électrons égales en valeur absolue à l'énergie des niveaux de Bohr, puisque

$$W_i = \frac{RhZ^2}{k_i^2}.$$

C'est bien le résultat indiqué par Davis et Barnes.

Quantum émis. — Dans une capture par effet Davis-Barnes, alors que jusqu'ici tous les auteurs ont pensé qu'un électron d'énergie W_i se trouve ensuite dans un niveau $n = k_i$, notre théorie vient au contraire établir que cet électron se trouve dans un niveau quelconque satisfaisant seulement à $l > k_i$. Le quantum émis a donc pour fréquence

$$\nu_{k_i; n, l} = RZ^2\left(\frac{1}{n^2} + \frac{1}{k_i^2}\right).$$

Nombre limité de pointes. — La fonction $q(k)$ présente une infinité de discontinuités. Or Davis et Barnes n'en ont observé qu'une dizaine. D'autre part, elles ont lieu pour des valeurs de plus en plus petites de W et l'on ne trouve plus, pour $q(k)$, de loi asymptotique en $\frac{1}{W}$.

Si, pour une valeur k non entière maintenue constante, n ou l augmentent, $q(k; n; l)$ diminue et, au delà d'un certain couple de valeurs n_0, l_0, nous devons considérer qu'il ne se produit plus suffisamment de captures pour qu'elles soient décelables. Il est donc équivalent, pour cette valeur de k, de se borner dans l'évaluation de $q(k)$ aux termes de la série pour lesquels n et l sont respectivement inférieurs ou égaux à n_0 et l_0. Nous devons admettre que, à mesure que n et l augmentent, la section efficace vraie de recombinaison s'affaiblit aussi pour des valeurs de k correspondant à des pointes et qu'au delà des valeurs n_0 et l_0, elles ne seront plus décelables. Il en résulte que, dans l'évaluation de $q(k)$, on devra se borner aux premiers termes de la série, de façon à ne pas avoir plus de discontinuités que de pointes observables. Leur nombre dépend des conditions expérimentales. Si nous faisons $l_0 = 11$, nous retrouvons les 10 pointes de Barnes et, pour W tendant vers zéro, la loi asymptotique est applicable et donne lieu à la pointe centrale.

Les observations de spectres de recombinaisons (¹) ne se font que pour des énergies W très petites et les nombres quantiques des états finaux sont petits, de sorte que la première pointe ne se produit que pour des valeurs de W supérieures à celles utilisées. Il s'ensuit que notre interprétation de l'effet Davis-Barnes n'est pas en contradiction avec les faits expérimentaux.

Aspect des pointes. — Les pointes doivent être très aiguës, ce qui a permis à Barnes d'observer des pointes aiguës malgré l'étalement des énergies cinétiques des électrons.

Comme, pour les petites valeurs de k_i, il y a un plus grand nombre de $q(k; n, l)$ qui présentent des discontinuités que lorsque k_i est plus grand, on doit s'attendre à avoir de plus grandes pointes, mais les mesures expérimentales sont très incertaines et l'on ne peut avoir aucun renseignement sûr concernant leur intensité.

Ainsi nous pensons avoir donné une interprétation satisfaisante de l'effet Davis-Barnes considéré comme un problème de deux corps.

(¹) F. L. Mohler et C. Boeckner, *Bur. of Stand. J. of Res.*, 2, 1929, p. 489.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Phénomènes de transformations du réseau de la nitrocellulose. Leur généralité dans les composés cellulosiques.* Note [1] de M. **J.-J. Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

La nitrocellulose a fait l'objet d'un grand nombre de recherches récentes, basées principalement sur les diagrammes de rayons X. Récemment, un très intéressant travail de Trogus, Hess et Katz (*Zeit. f. Phys. Chem.*, B.7, H.1, 1930) a montré que les fibres de ramie nitrées au maximum, gonflées dans certains mélanges de liquides organiques (méthanol-cyclohexanone par exemple) puis examinées aux rayons X, présentaient un changement important dans la position des interférences cristallines; à mesure que le mélange liquide s'évapore de la fibre, on retrouve petit à petit le diagramme inaltéré de la fibre primitive, ce qui fait que le phénomène est réversible. Un résultat analogue a été trouvé pour les acétates de cellulose (Hess et Trogus, *Zeit. f. Phys. Chem.*, B.5; H. 3/4, 1929 (Hess, Trogus, Ostwald et Dziengel, *ibid.*, B.7, H.1, 1930).

Il était d'un grand intérêt de voir ce qui se passe lorsqu'on ne se limite pas au seul gonflement réversible, mais que l'on va jusqu'au stade de la dispersion complète, suivie de l'évaporation des solvants sous la forme d'un film. C'est ce que nous avons fait en opérant avec du coton nitré à 12,95 pour 100 d'azote (voisin de la trinitrocellulose), en le dissolvant dans l'acétone pure, et évaporant sous forme d'un film.

J'ai utilisé dans ce but des collimateurs très fins ($0^{mm},3$ de diamètre) permettant une très bonne séparation des différentes raies d'interférence; la fibre ou le film était examiné avec les rayons K_α du Cu, sous une épaisseur de $0^{mm},4$.

On constate alors que les diagrammes du coton nitré et du film correspondant sont différents, ce qui est résumé dans le tableau suivant :

	1er anneau.	2e anneau.	3e anneau.	4e anneau.	5e anneau.
Film 12,95 pour 100 Az.					
θ	4°44′30″	6°15′30″	9°32′30″	11°9′	12°35′30″
d	9,31 Å.	7,07	4,78	3,98	3,53
Coton nitré à 12,95 pour 100 Az.					
θ	–	6°15′30″	9°11′	11°6′	12°55′
d	–	7,07 Å	4,83	4,0	3,44

[1] Séance du 22 décembre 1930.

Le coton nitré à 12,95 pour 100 d'azote fournit un diagramme cristallin correspondant à la trinitrocellulose. Le film correspondant montre aussi une structure cristalline dans laquelle apparaît un nouvel espacement réticulaire de 9,31 Å; de plus, les autres équidistances sont légèrement modifiées; la netteté des diagrammes obtenus permet des mesures précises.

Ainsi, le film obtenu par évaporation d'une solution acétonique d'un coton nitré à 12,95 pour 100 d'azote est cristallisé; ceci est à rapprocher de ce que l'on sait sur la structure des films de cellophane qui apparaissent comme également cristallisés, avec une structure différente de celle du coton initial (hydracellulose au lieu de cellulose). Le fait que l'on passe par un gonflement intramicellaire suivi de dispersion amène un changement de réseau correspondant à une nouvelle forme stable de la cellulose; c'est ce qui se produit aussi pour la nitrocellulose au voisinage du maximum de nitration. Ceci montre la généralité de ces phénomènes de transformations de réseaux, même lorsqu'on étudie les dérivés cellulosiques sous forme de films.

On ne peut pas dire d'une façon certaine si cette modification du réseau de la trinitrocellulose correspond à une nouvelle forme cristalline de la trinitrocellulose ou si elle provient d'une combinaison avec le solvant; des expériences récentes semblent montrer cependant que certains solvants ont une spécificité d'action caractéristique vis-à-vis de la nitrocellulose, ce qui serait à l'appui de la seconde hypothèse [voir J.-J. Trillat, *La structure du celluloïd* (*Comptes rendus*, 20 octobre 1930, p. 654)]. En effet, il est à noter que le film retient toujours énergiquement une proportion d'acétone de l'ordre de 1 pour 100. En tout cas, le nouveau diagramme paraît être un mélange de l'ancienne forme de la trinitrocellulose et d'une nouvelle forme; il est possible que par dissolutions et évaporations successives, on arrive à isoler cette dernière à l'état pur.

Si maintenant on répète la même expérience avec des cotons moins nitrés (12 à 10 pour 100 d'azote), on constate que tandis que les fibres conservent encore une apparence cristalline (de plus en plus faiblement à mesure que le taux d'azote diminue), les films correspondants sont amorphes, ou tout au moins ne donnent aux rayons X que des halos correspondant à une structure amorphe. La différence à ce point de vue entre les films à 12,95 pour 100 d'azote et 12 pour 100 d'azote est extrêmement nette.

Par conséquent, il est nécessaire pour observer le changement de structure de la nitrocellulose d'utiliser des composés nitrés avec une quantité d'azote aussi voisine que possible de celle du maximum de nitration; ceci signifie

que seule la trinitrocellulose est un composé bien défini, cristallisable sous au moins deux formes lorsqu'on passe par la phase dispersée, tandis que la présence de composés mal définis comme la « dinitrocellulose » empêche ce phénomène et donne lieu dans les films à une structure amorphe.

Des résultats obtenus par Hess et Trogus sur des triacétylcelluloses précipités de solutions, et des résultats obtenus par nous-même sur les films de trinitrocellulose, il ressort que les composés cellulosiques au maximum sont susceptibles, tout comme la cellulose native, de revêtir différentes formes cristallines, après être passés par le stade de gonflement suivi de dispersion. Ceci sera sans doute de nature à nous éclairer sur la structure de ces corps complexes, et de permettre en particulier de mettre en lumière le processus du gonflement et de la dispersion (gonflement intramicellaire) ainsi que de la nature des forces qui réunissent les chaînes cellulosiques entre elles.

MAGNÉTISME. — *Recherche des défauts et des vibrations des pièces ferro-magnétiques.* Note [1] de M. J. Peltier.

Dans mes Notes précédentes [2], je relatais les résultats de mes premiers essais sur la détermination des défauts dans les pièces ferro-magnétiques admettant un axe de révolution.

Reprenant mes expériences, basées sur l'amplification des micro-courants d'induction fournis par l'appareil magnétique, j'ai réalisé un amplificateur à basse fréquence assez puissant, à quatre lampes Philips et transformateurs et comprenant les unités suivantes :

1° une bigrille A.441 N;
2° une lampe A.409;
3° une lampe A.409;
4° une lampe B.405 (puissance),

sans chercher à atteindre le courant de saturation.

D'autre part, remplaçant l'électro-aimant polarisé qui avait servi jusqu'alors par une bobine à double enroulement dont l'un, alimenté par une source de courant continu 2-4 volts, produit le champ magnétique et

---

(1) Séance du 17 novembre 1930.

(2) *a.* J. Peltier, *Sur le sondage magnétique des arbres de machines* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 701). — *b.* J. Peltier, *La localisation des pailles dans les arbres de machines* (*Ibid.*, 189, 1929, p. 845).

l'autre enroulement est connecté à l'entrée de l'amplificateur à basse fréquence, j'obtiens les résultats suivants :

A. Le galvanomètre sensible, qui servait jusqu'à présent, peut être remplacé par un téléphone haut-parleur dans lequel des chocs très forts accusent le passage du défaut superficiel (une vitesse de rotation de l'arbre de 10 à 20 tours par seconde donne des résultats excellents).

B. Dans le cas d'un défaut superficiel de volume voisin de 1^{mm^3} seulement, ces chocs sont perceptibles très nettement dans tout un laboratoire, même lorsque la distance entre la surface de la pièce étudiée et le pôle voisin de l'appareil magnétique atteint 6 à 8^{mm}.

C. Un défaut intérieur se détermine également, mais d'autant mieux qu'il est plus près de la surface extérieure, c'est-à-dire qu'il modifie plus sensiblement le module de résistance.

Avec l'appareil actuel, la pénétration est seulement de quelques millimètres en profondeur; mais j'envisage la possibilité de l'accroître d'une façon sensible, en renforçant convenablement le champ magnétique.

Remplaçant aussi les pièces usinées par des tubes bruts de fonderie, je commence, malgré l'influence des défauts de surface, à pouvoir déterminer les soufflures intérieures de quelque importance. Le renforcement du champ magnétique paraît d'ailleurs nettement favorable à ce genre de recherches.

Enfin, si l'appareil magnétique est utilisé en vue de la recherche des vibrations, sa sensibilité est telle que de très faibles vibrations d'une simple corde à piano, placée à plusieurs centimètres de distance, se traduisent par des sons très puissants, mais dont l'intensité dépend de l'amplitude des oscillations (ce qui est utile pour la recherche des nœuds et des ventres des vibrations).

OPTIQUE. — *Sur un projecteur d'alignement.* Note de M. **Ch. Dévé**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans le plan focal d'un objectif sont disposées deux lames de verre en demi-cercle, l'une rouge, par exemple, l'autre bleue; les tranches planes de ces verres sont légèrement biseautées de façon à former entre eux une fente analogue à celles de spectroscopes. Cette fente étant vivement éclairée par une lampe et ses réflecteurs, son image est projetée au loin; la fente peut être horizontale, verticale ou oblique; je la supposerai verticale. Un

jalonneur qui regarde le projecteur, le voit rouge s'il est à droite du plan d'alignement défini par la fente et l'axe optique de l'objectif; il le voit bleu s'il est à gauche, et blanc s'il a l'œil exactement dans la nappe qui définit le plan d'alignement. Il peut donc facilement et seul jalonner sur le terrain le plan d'alignement; il n'a pas besoin d'être vu; il lui suffit d'apercevoir, de place en place, le feu entre les obstacles, arbres ou taillis.

Un tel projecteur est propre à signaler un alignement, une passe, une direction quelconque; l'alignement sur le projecteur peut être préférable à l'alignement sur deux feux ou deux amers, souvent difficiles à placer et qui peuvent être confondus avec d'autres. Si l'on considère qu'un simple projecteur d'automobile de 50 à 75 watts est visible par temps ensoleillé à environ 2^{km}, on peut estimer qu'une lampe de 100 ou de 150 watts sera suffisante pour la topographie en surface ou souterraine.

Voici une application spéciale aux mines. Supposons qu'on ait à déterminer au fond d'un puits de 200^m un alignement horizontal parallèle à un alignement défini à la surface par un viseur placé au-dessus du puits et pointé sur une mire. Ce viseur sera rendu solidaire d'un projecteur d'alignement projetant au fond du puits l'image d'une fente lumineuse parallèle par construction au viseur. On recueillera au fond du puits une bande brillante de 2 à 3^{cm} de largeur parallèle au viseur et aussi longue que le permettront les dimensions du puits, ayant, par exemple, 2 à 3^m. Il sera facile de marquer, à 1^{mm} près, le milieu de la largeur de la bande à chacune de ces extrémités. La direction cherchée sera donc définie mieux que par une boussole ordinaire et sans qu'on ait à tenir compte des influences magnétiques locales.

Pour de longs alignements verticaux, le même projecteur faisant autocollimation sur une cuve placée au fond d'un puits doit déterminer un plan vertical avec plus de précision et de facilité qu'un long fil à plomb; en plaçant simplement l'œil à côté du projecteur et à peu près dans le plan vertical de la fente, on pourra obtenir une précision de quelques secondes même sans viseur.

Deux projecteurs d'alignement, l'un rouge et blanc, l'autre blanc et vert, superposés aux feux de position d'un bateau, indiqueraient nettement la route suivie par le bateau; une embarcation qui verrait les deux feux blancs saurait par là qu'elle est en danger sur la route exacte du bateau; voyant un feu blanc et un feu rouge, elle saurait qu'un bateau vient vers elle et passera à gauche.

Un bon objectif donné étant équipé en projecteur d'alignement est sus-

ceptible de déterminer un alignement avec plus de précision que s'il était équipé en lunette. En voici les raisons : soit ε le diamètre de l'image du plus petit objet que puisse définir l'objectif dont la distance focale est F. Si l'objectif est monté en lunette, il permet à un bon observateur de faire des visées avec une précision un peu meilleure que $\frac{\varepsilon}{F}$ suivant l'habileté de l'observateur.

Supposons le même objectif monté en projecteur d'alignement et mis au point pour une distance D très grande. Si a est la largeur de la fente lumineuse (quelques centièmes de millimètre), sa projection à la distance D a pour largeur $\frac{aD}{F}$, mais ses bords sont flous et la largeur du flou résultant du pouvoir de l'objectif est $\frac{\varepsilon D}{F}$. Pour déterminer le milieu de la bande lumineuse, il faut choisir sur chaque bord flou des points homologues et prendre le milieu de la distance des points choisis; la précision dépend donc du choix de ces points et non de la largeur de la bande; en tout cas, l'erreur ne peut être qu'une fraction de la largeur du flou, c'est-à-dire une fraction de la projection de ε. Si la mise au point n'est pas parfaite pour la distance D, l'image projetée est entourée d'une pénombre estompée, lieu des points qui ne reçoivent de la lumière que d'une partie de l'objectif. La largeur de cette pénombre, qui doit s'ajouter au flou résultant du pouvoir de l'objectif, dépend de l'erreur de mise au point; si, par exemple, la mise au point est exacte pour l'infini, la pénombre estompée a pour largeur le diamètre de l'objectif, quelle que soit la distance D. Or, le choix de points homologues dans les bords flous et estompés de la bande pourrait se faire avec une grande précision par un procédé photométrique facile à disposer sur un jalon. Les points choisis seraient définis par deux œilletons placés sur les bords flous de la nappe lumineuse; il suffirait de comparer l'éclat du projecteur vu dans un œilleton à l'éclat du projecteur vu dans l'autre œilleton. L'œil étant placé à peu près au milieu de la nappe devant deux œilletons jointifs. Un dispositif de quatre prismes droits ramènerait devant chaque bord l'image d'un œilleton et de l'œil, on pourrait égaliser ces éclats par déplacement d'un seul prisme. Si l'éclairement était suffisant, on aurait encore plus de précision en comparant les éclairements de deux petites plages choisies dans les bords flous. Le milieu de la bande projetée pourrait donc être déterminé avec une précision égale à une petite fraction de la largeur de la pénombre.

Bien que les verres limitant la fente soient colorés, les biseaux de ces

verres produisent une ombre mince entre chaque champ coloré et la bande blanche; cette disposition, en écartant les difficultés de la photométrie hétérochrome, doit faciliter les mesures.

On peut évidemment, en diaphragmant progressivement la fente, la réduire à un point pour constituer un projecteur d'alignement linéaire.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur un diaphragme colloïdal pseudo-liquide armé, destiné à la décomposition électrolytique de l'eau.* Note [1] de M. **George F. Jaubert**, présentée par M. Matignon.

Dans la préparation de l'hydrogène et de l'oxygène par électrolyse de l'eau, l'écueil a toujours été la séparation des gaz formés. On a préconisé dans ce but un certain nombre de cloisons poreuses dites diaphragmes, dont le plus communément employé a été la toile d'amiante, jusqu'à il y a quelques années, et que l'on tend à remplacer aujourd'hui par une cloison, perforée d'une multitude de trous microscopiques, en nickel ou en argent purs.

Ces diaphragmes métalliques sont difficiles à obtenir en grandes surfaces et en outre fort coûteux; or les recherches que nous poursuivons depuis plusieurs années sur l'électrochimie des substances colloïdales nous ont permis de réaliser un diaphragme particulièrement efficace et bon marché.

On sait que les substances pseudo-liquides à l'état de suspension colloïdale, qui ne sont autre chose que des substances polymérisées dont l'augmentation de la longueur des chaînes moléculaires se produit par élimination d'eau, soumises à l'action du champ électrique, s'y comportent comme de véritables électrolytes, du fait des ions H et OH que ces chaînes comportent à leurs extrémités.

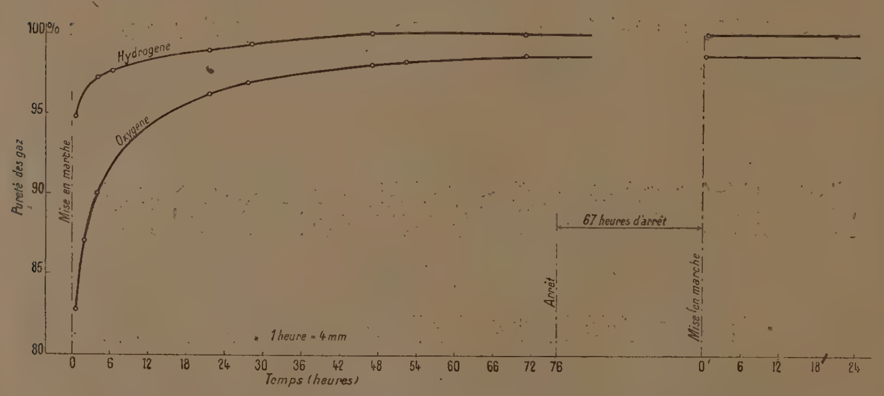
La molécule polymérisée est dissociée lorsqu'on la met *en suspension* tout comme un électrolyte est dissocié lorsqu'on le met *en solution*, et l'ion libre de l'extrémité de la chaîne lui donne une polarité définie et lui permet de jouer au ralenti dans le champ électrique tous les rôles sans exception, des électrolytes ordinaires, c'est-à-dire cheminement dans le sens de l'électrode de signe contraire, précipitation par décharge sur l'électrode, nombre de transport fixe pour chaque colloïde, respect de la loi de Faraday, etc.

C'est en répétant ces expériences sur des suspensions colloïdales, en

[1] Séance du 22 décembre 1930.

solution alcaline, telles que des silicates de magnésie artificiels, les oxydes des métaux terreux et alcalino-terreux, les hydrates de fer, etc., que nous avons réalisé le diaphragme colloïdal dont il va être parlé.

Si dans une solution de potasse caustique à 25 pour 100, tenant en suspension colloïdale un hydrogel, par exemple de silicate de magnésie et de chaux (asbeste colloïdale), d'hydrate ferrique, d'hydrate de chaux, etc., pour ne citer que ces quelques colloïdes, on plonge deux électrodes, une anode en nickel et une cathode en fer, on constate le phénomène suivant : les gaz hydrogène et oxygène se dégagent régulièrement sur les électrodes, mais au bout de quelques heures, ou de quelques jours suivant la finesse des granules composant le colloïde, la suspension colloïdale s'éclaircit et l'anode en nickel se recouvre d'une couche uniforme de plusieurs millimètres d'épaisseur constituée par la matière colloïdale qui s'y est fixée.



Pureté de l'oxygène et de l'hydrogène lors de la formation d'un diaphragme colloïdal.

Fig. 1. — Courbes montrant l'augmentation de la pureté des gaz au fur et à mesure de la formation du diaphragme : ce n'est qu'au bout de 50 heures que l'hydrogène passe de la pureté 95 pour 100 à celle de 100 pour 100. Quant à l'oxygène il passe de 83 pour 100 à 98,75 pour 100 au bout de 72 heures seulement. Ensuite, même après 67 heures d'arrêt les deux gaz se dégagent de nouveau avec le même degré de pureté.

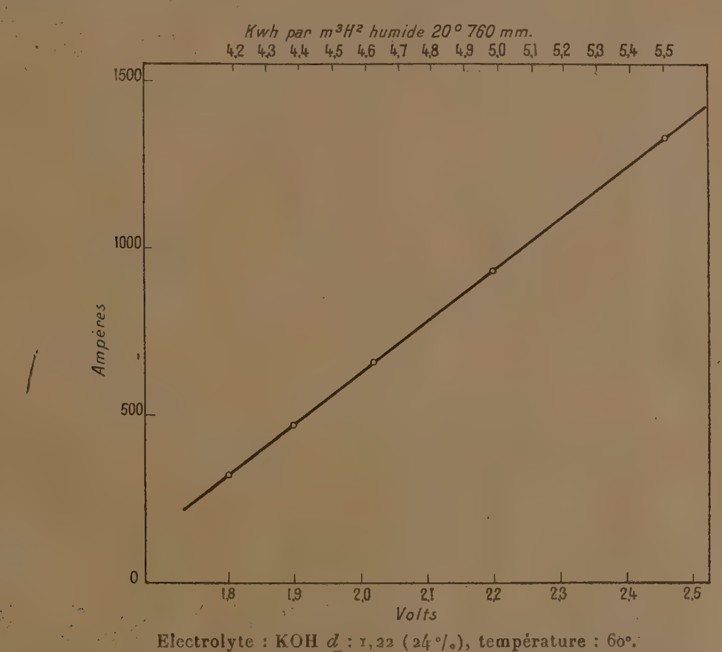
Si l'on refait la même expérience en mettant entre les deux électrodes un support, par exemple métallique, telle qu'une toile faite de fils de fer fins, le colloïde se dirigeant vers l'anode est capté par le réseau métallique, et c'est la toile métallique qui se recouvre d'une couche uniforme *pseudo-liquide* formée par le colloïde employé.

Cette couche pseudo-liquide est relativement solide et possède la particularité de n'offrir aucune résistance au passage du courant et de l'électro-

lyte, tandis qu'elle est *rigoureusement imperméable* aux gaz sous leur forme moléculaire.

Ce diaphragme colloïdal armé permet donc une séparation parfaite des gaz hydrogène et oxygène qui prennent naissance.

On peut juger de son efficacité et du temps nécessaire à sa *formation*, en suivant par l'analyse l'amélioration de la qualité des gaz obtenus, et le graphique ci-dessous en rend parfaitement compte.



Electrolyte : KOH d : 1,22 (24 %), température : 60°.

Fig. 2. — Courbe montrant la faible résistance que présente un diaphragme colloïdal armé sur une électrode de 1m². (Intensité de 1000 ampères pour une chute de potentiel de 2,25 volts, soit 10 ampères par décimètre carré.)

Essayé sur des surfaces de plusieurs mètres carrés, dans des électrolyseurs prenant jusqu'à 5000 ampères par cellule, le diaphragme colloïdal armé a permis de constater que l'hydrogène sort toujours de l'appareil avec une pureté de 100 pour 100. Quant à l'oxygène il ne quitte l'appareil qu'avec une pureté de 99,5 environ, c'est-à-dire qu'il contient encore environ 0,5 pour 100 d'hydrogène libre, impureté sur l'origine de laquelle nous aurons l'honneur d'entretenir l'Académie dans une Note ultérieure.

RADIOACTIVITÉ. — *Atomes de recul en milieu gazeux.* Note [1] de M. **La. Goldstein**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été montré dans une Note précédente [2] que le rendement d'activation d'une électrode négativement chargée, plongée dans une atmosphère de radon et d'air, varie avec la pression de ce mélange gazeux, suivant la courbe ci-dessous reproduite.

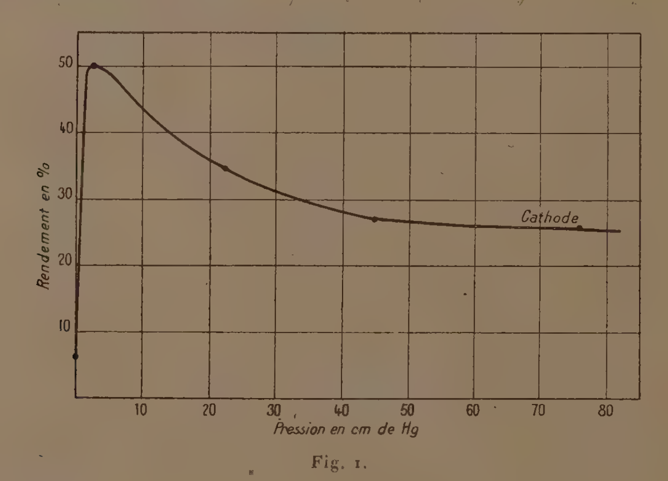


Fig. 1.

Les points remarquables que cette courbe met en évidence sont les suivants :

1° Existence d'un rendement très faible, aux basses presssions ;

2° Présence d'un maximum ;

3° Décroissance du rendement lorsque la pression augmente la tension d'activation restant constante.

La petitesse du rendement sous très basse pression s'explique aisément si l'on remarque que les atomes de recul (de Ra A et de Ra B) sont animés au moment de leur formation d'une grande vitesse, et que l'action du champ sur leur trajectoire est insuffisante pour les amener sur l'électrode négative, lorsqu'ils ne sont pas ralentis par la présence du gaz.

L'augmentation rapide du rendement, qu'indique la branche montante

---

(1) Séance du 12 décembre 1930.

(2) Laporte et La. Goldstein, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 689.

de la courbe, s'explique facilement si l'on remarque que le parcours des atomes de recul (RaA et RaB) est déjà très réduit sous de faibles pressions de gaz [8^{mm} environ pour une pression de 1^{cm} de mercure (dans l'air)].

Lorsque la pression continue à augmenter le rendement diminue, la densité ionique du gaz augmente, par suite d'une meilleure utilisation du parcours des rayons α, et il avait été supposé que cette diminution du rendement était due à des recombinaisons des atomes de recul positivement chargés avec les ions négatifs du gaz.

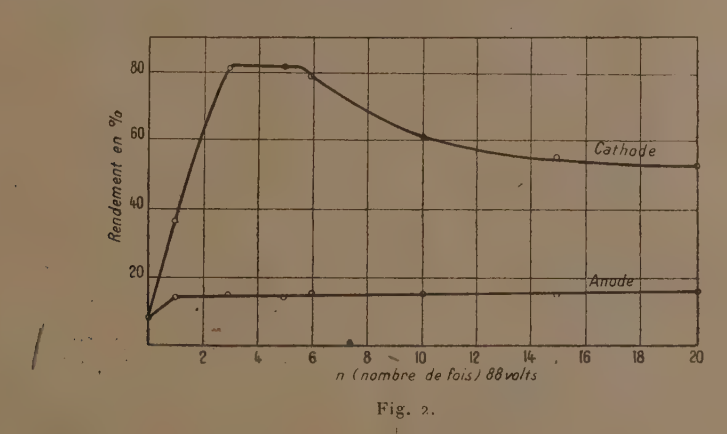


Fig. 2.

Les expériences suivantes confirment cette hypothèse (¹) :

1° On a déterminé le rendement sous différentes pressions en utilisant pour chaque pression une tension suffisante pour obtenir le courant de saturation, c'est-à-dire pour éviter les recombinaisons.

On observe dans ces conditions que le rendement sur la cathode est indépendant de la pression (égal à 83 pour 100). Il en est de même du rendement sur l'anode (15 pour 100).

2° Pour une pression donnée, si, ayant dépassé la tension nécessaire pour obtenir le courant de saturation, on atteint la tension qui correspond au début de l'ionisation par choc du gaz, le rendement sur la cathode diminue. La courbe suivante indique les variations de rendement à pression constante en fonction de la tension entre électrodes.

Le courant de saturation pour cette pression ($p = 212^{mm}$ de Hg et pour 1$^{m^3}$,60 de Rn) était obtenu pour une tension 3×88 volts $= 264$ volts.

(¹) L'appareil utilisé est un condensateur à plateaux de 30^{mm} de diamètre, distants de 40^{mm}. Le volume du condensateur est 50$^{cm^3}$.

On voit que ce point correspond au maximum de rendement. Le rendement se maintient sensiblement constant jusque sous une tension de 6 × 88 volts, tension qui correspond justement au début de l'ionisation par choc.

3° Par augmentation de la densité ionique à pression et tension constante, on observe une diminution du rendement; par exemple en doublant la densité ionique, le rendement sur la cathode diminue de 8 pour 100.

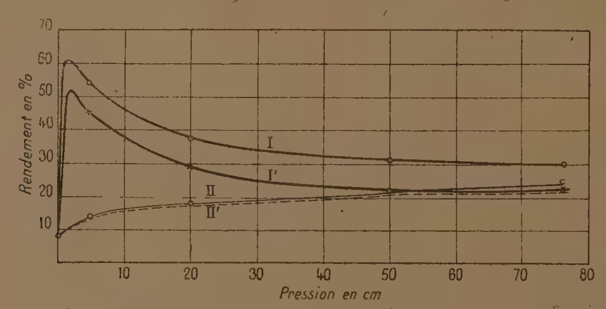


Fig. 3. — Cathode : I, rendement normal; I', rendement dans les conditions d'irradiation. Anode : II, rendement normal; II', rendement dans les conditions d'irradiation.

Rendement d'activation d'une électrode positivement chargée. — On voit également sur les courbes (*fig.* 3) :

1° Que le rendement d'activation de la cathode diminue lorsque la pression augmente (après avoir passé par une valeur maximum) et que le rendement d'activation de l'anode, dans les mêmes conditions expérimentales, augmente constamment avec la pression;

2° Qu'une forte augmentation de densité ionique n'apporte pas de diminution sensible du rendement sur l'anode [1].

Des expériences destinées à expliquer les variations du rendement sur l'anode sont en cours.

---

[1] L'augmentation de densité ionique est produite par l'ionisation sensiblement uniforme (en volume) due à un faisceau de rayons X sortant d'un tube Coolidge (régime de fonctionnement 3 millions × 30 kilovolts).

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur le rôle de l'eau dans les sels : combinaisons* aquo *des ruthénium-IV-ammines*. Note [1] de M. R. Charonnat, présentée par M. A. Béhal.

A. Dans les exemples choisis par Werner pour appuyer sa théorie de l'hydrolyse des sels figure celui des ruthénium-IV-nitrosohydroxotétrammines. Werner [2], reprenant les travaux de Joly [3], a montré que les sels hydroxo (I) sous l'influence d'un acide se transformaient en sels *aquo* (II), puis, par une longue ébullition avec l'acide, en sels *acido* (III) :

$$\underset{(I).}{X^2[Ru(NO)(OH)(NH^3)^6]} \rightarrow \underset{(II).}{X^3[RuNO(OH^2)(NH^3)^4]} \rightarrow \underset{(III).}{X^2[Ru(NO).(NH^3)^4]}.$$

Cette transformation est analogue à celle qui conduit du chlorure de cobaltihydroxopentammine (I′) au chlorure de cobaltiaquopentammine (II′) et au chlorure purpuréocobaltique (III′) :

$$\underset{(I').}{Cl^2[Co(OH)(NH^3)^5]} \rightarrow \underset{(II').}{Cl^3[Co(OH^2)(NH^3)^5]} \rightarrow \underset{(III').}{Cl^2[CoCl(NH^3)^5]}.$$

Dans ces sels hydratés la molécule d'eau est considérée comme de l'eau de constitution, car il y a des différences importantes entre les sels II et III de chaque série.

Werner et Smirnoff [4], ayant remplacé dans cette série de complexes du ruthénium les quatre molécules d'ammoniaque par deux molécules d'éthylènediamine (en), ont signalé, sans l'étudier, une transformation analogue sous l'influence des acides et de la chaleur :

$$\underset{(I'').}{X^2[Ru(NO)(OH)CH^2]} \rightarrow \underset{(II'').}{X^3[Ru(NO)(OH^2)CH^2)} \rightarrow \underset{(III'').}{X^2[Ru(NO).CH^2]}.$$

J'ai réussi à préparer l'iodure de ruthénium-IV-nitrosohydroxodiéthylènediamine (I″) par action directe de l'éthylènediamine sur le ruthénium-IV-nitrosopentaiodure de potassium. Ses lamelles jaune clair, dissoutes dans l'acide chlorhydrique concentré, font place à des aiguilles monocliniques orangées. Le produit séché à l'air correspond à la composition

---

(1) Séance du 22 décembre 1930.

(2) A. Werner, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2614.

(3) A. Joly, *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 1300; *Encyclop. Chim.*, 3, 17e cahier, 1er fasc., 1900, p. 208.

(4) A. Werner et A. P. Smirnoff, *Helv. chem. Acta*, 3, 1920, p. 737.

$Ru(NO)en^2ClI^2, OH^2$; il perd sa molécule d'eau en 24 heures dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique, rapidement à 130°. Le sel considéré comme *aquo* par Werner et Smirnoff paraît ainsi avoir la constitution $I^2[Ru(NO)Clen^2], H^2O$, mais comme la déshydratation est accompagnée d'un changement de la couleur vers le jaune clair, l'eau est réellement de l'eau de constitution. La formule $ClI^2[RuNO(OH^2)en^2]$ ne convient pas davantage à cette combinaison, car le chlore y est dissimulé; la solution, par un excès de nitrate d'argent, laisse précipiter de l'iodure d'argent exempt de chlore, correspondant à deux atomes d'iode; il faut faire bouillir avec de l'ammoniaque et chasser celle-ci pour voir apparaître un précipité de chlorure d'argent exempt d'iode, correspondant à un atome de chlore. Le chlorure ci-dessus doit donc être formulé $I^2[Ru(NO)(OH^2)Clen^2]$.

Il faut remarquer que Joly considérait le sel II chloré de la série tétramminée « comme un chlorhydrate d'oxydichlorure et non comme un hydrate de trichlorure » parce que le sel perdait à l'étuve de l'eau et de l'acide chlorhydrique.

B. J'ai fait une observation analogue dans la série des dérivés pyridinés du ruthénium. L'action de la pyridine (py) sur le ruthénium-IV-nitrosochlorodioxalate de potassium fournit à côté d'un dérivé monopyridiné soluble, une quantité notable de cristaux rouge foncé à peu près insolubles, de composition $[Ru(NO)py^2Cl(C^2O^4)]$. Traités à chaud par 50 fois leur poids d'acide chlorhydrique concentré, ils passent en solution et par refroidissement apparaissent de belles aiguilles rouges de composition

$$Ru(NO)py^2Cl^3 3H^2O.$$

En 36 heures à la température ordinaire dans le vide ou en 2 heures à 120° ces aiguilles perdent deux molécules d'eau qui sont reprises rapidement à l'air humide; la troisième molécule d'eau n'est éliminée qu'à une température où par un peu d'acide chlorhydrique. Au contact de l'eau les aiguilles rouges prennent immédiatement une couleur saumon correspondant à une hydrolyse réversible

$$Ru(NO)py^2Cl^3(OH^2) \rightleftharpoons Ru(NO)py^2Cl^2OH + ClH.$$

La molécule d'eau du complexe monohydrate étant manifestement de l'eau de constitution on serait tenté d'admettre la formule

$$Cl[Ru(NO)(OH^2)Cl^2py^2],$$

mais celle-ci ne s'accorde pas avec le fait que le produit séché à 120°, mis

en solution dans l'alcool absolu ne précipite sensiblement pas par addition de nitrate d'argent; un précipité et une réaction acide apparaissent dès qu'on ajoute un peu d'eau; d'autre part un sel cation devrait donner un chloroplatinate peu soluble, ce qui n'a pas été observé. Le chlore et l'eau sont donc en même temps dissimulés et la formule doit être

$$[Ru(NO)(OH^2)Cl^2py^3].$$

Dans ces deux exemples et dans celui du chlorhydrate de Joly, il n'y a pas à faire appel au nombre de coordination 7 que rien ne justifie, mais la coordinence 6 impose une seule place de coordination pour OH^2 et Cl; il faut admettre que dans ces sels *aquo* ammoniés, éthylène-diaminés ou pyridinés, la molécule d'acide chlorhydrique est liée par une valence secondaire à l'oxygène de l'oxhydrile ClH...O — A, l'oxygène ayant une tricoordinence qui apparaît d'ailleurs dans de nombreux composés d'addition. Les complexes *aquo* cités sont réellement des chlorhydrates d'hydroxydes

$$Cl^2[RuNO(NH^3)^4(ClHOH)], \quad Cl^2[Ru(NO)\,en\,^2(ClHOH)],$$
$$[Ru(NO)py^2(ClHOH)Cl^2],$$

on s'explique ainsi que la molécule puisse perdre soit H^2O, soit ClH.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'acide diméthylallylbenzylacétique et l'isopropylbenzylvalerolactone.* Note de MM. **G. Darzens** et **A. Lévy**, présentée par M. Béhal.

L'un de nous a montré que l'acide benzylallylacétique était susceptible de se transformer, par cyclisation, en acide tétrahydrométhylnaphtalène carbonique qui permettait ensuite d'accéder à l'α-méthylnaphtaline par déshydrogénation et décarboxylation, réaction qui a ensuite été généralisée à des homologues méthylés du radical benzylé, soit dans le noyau phényl, soit dans la chaîne latérale [1].

Il nous a paru important de rechercher si cette réaction de synthèse du noyau naphtalénique était également réalisable avec des acides homologues méthylés dans le radical allylé et la présente Note résume nos recherches sur l'acide diméthylallylbenzylacétique où le groupe allyl est diméthylé en position γ et dont la cyclisation devrait amener à l'α-isopropylnaphtaline,

---

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 748.

conformément au schéma

CH^2 — $C{-}CO^2H$ — CH^2 — CH = $CH^3{-}C{-}CH^3$ → CH^2 — $CH{-}CO^2H$ — CH^2 — CH — $CH^3{-}CH{-}CH^3$

→ CO^2H — $CH^3{-}CH{-}CH^3$ → $CH^3{-}CH{-}CH^3$

Dans ce travail nous avons pris, comme point de départ, l'alcool $\gamma\gamma$-diméthylallylique déjà connu et assez facilement accessible par la méthode de préparation de Courtot [1]. Nous en avons préparé l'éther bromhydrique, non encore décrit, par l'action de HBr sec sur l'alcool à 130-140°, ce qui nous a donné, avec un rendement de 95 pour 100, le bromure de formule

$$(CH^3)^2{=}C{=}CH{-}CH^2Br.$$

C'est un liquide incolore mobile, d'odeur faible, sans action irritante sur les muqueuses, distillant à 120° sous la pression normale.

Ce bromure nous a ensuite servi à préparer l'ester diméthylallylbenzylmalonique par sa réaction sur le dérivé sodé de l'ester benzylmalonique, selon la technique déjà indiquée dans une précédente Note. Cet ester obtenu ainsi, avec un rendement de 62 pour 100 de la théorie, est un liquide incolore visqueux, et d'odeur balsamique très faible, distillant à 184-187°, sous 9^{mm}.

Par saponification à l'aide de potasse alcoolique on obtient facilement l'acide malonique correspondant qui se décompose dans le vide entre 160-170° en perdant CO^2 et en donnant un mélange de 80 pour 100 environ d'acide diméthylallylbenzylacétique et 20 pour 100 de la lactone de formule

$$C^6H^5{-}CH^2{-}\underset{|}{CH}{-}CH^2{-}\underset{|}{C}{-}CH\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$$
$$CO\text{———}O$$

Ces deux corps se séparent facilement par un traitement au carbonate de

(1) *Bull. Soc. chim. de France*, 3e série, 35, 1924, p. 661.

soude qui dissout l'acide et laisse la lactone inaltérée qui est extraite à l'éther alors que l'acide est régénéré de sa solution alcaline par un acide minéral.

L'acide diméthylallylbenzylacétique distille à 157-160° sous 7^{mm} et cristallise facilement pour fondre à 49°,5, la lactone fond à 25° et distille à 148-150° sous 6^{mm}; elle a une odeur balsamique très faible.

Tous les essais entrepris pour cycliser soit l'acide, soit le lactone, en dérivé hydronaphtalénique ont échoué. C'est ainsi que l'acide agité d'abord à froid, puis à 100°, pendant 15 jours avec de l'acide sulfurique à 52° B., est resté inaltéré, il en a été de même de la lactone.

On doit donc conclure que les deux groupes méthyles en position γ dans le groupe allyl empêchent toute cyclisation, fait tout à fait comparable à celui de la diméthylvinylphénylcétone qui ne se cyclose pas en diméthylhydrindone et, sans doute, pour les mêmes raisons de polarisation induite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel alcool sesquiterpénique monocyclique, le fokienol.* Note (1) de M. L.-S. Glichitch, présentée par M. Paul Sabatier.

On connaît un assez grand nombre d'alcools sesquiterpéniques $C^{15}H^{26}O$, isolés des huiles essentielles, dont le squelette carboné comporte deux noyaux et qui se rattachent aux carbures hydronaphtaléniques substitués. Un petit nombre d'alcools de même composition possède la structure tricyclique, dont la nature exacte n'est pas encore bien connue, deux seulement sont à chaîne ouverte, et l'on est resté longtemps sans rencontrer de représentants du groupe monocyclique, prévu par la théorie et pouvant s'apparenter aux carbures hydrobenzéniques substitués.

Le premier alcool de ce type, l'élémol, fut découvert en 1916 par F.-W. Semmler et Futung Liao (2) dans l'essence d'Élémi de Manille et j'en ai signalé l'existence en 1926 également dans l'essence de Citronelle de Java (3). Un second alcool $C^{15}H^{26}O$ monocyclique a été isolé en 1928 par So Uchida (4) de l'essence de Hiba (*Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc.).

---

(1) Séance du 22 décembre 1930.

(2) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 49, 1916, p. 794; 50, 1917, p. 1286.

(3) *Les Parfums de France*, 4e année, 1926, p. 256.

(4) *Journ. Soc. Ch. Ind. of Japan*, 31, 1928, suppl. 121-B (d'après *Seifensied. Ztg*, 55, 1928, p. 316).

J'ai rencontré un nouveau représentant de ce groupe dans l'essence obtenue par distillation des souches d'un conifère du Tonkin, le *Fokienia Hodginsii* A. Henry et Thomas (= *F. Kawaii* B. Hayata, = *Cupressus Hodginsii* Dunn.), appelé par les indigènes *Pe-Mou*.

Cette essence, de couleur jaune clair, assez épaisse, possède une douce odeur balsamique et présente les caractères moyens suivants :

$$d_{15} = 0,909 - 0,938;\ \alpha_D = +10°45' \text{ à } +15°6';\ n_D 20 = 1,495 - 1,505;$$

Indice d'acide, 0,28-1,96; indice d'éther, 1,4-9,1; soluble dans 2-5 volumes d'alcool à 95°, et plus.

L'essence est très riche en constituants de nature alcoolique. Ceux-ci se déshydratent en majeure partie sous l'action de l'anhydride acétique à chaud, mais peuvent être dosés exactement par la méthode de formylation à froid que j'ai décrite (¹) et représentent 83,5-90,3 pour 100 de l'essence, exprimés en $C^{15}H^{26}O$.

L'essence distille pour 85-90 pour 100 entre 100-150° sous 4^{mm} et renferme principalement un alcool $C^{15}H^{26}O$ qui se montre tertiaire, de structure monocyclique, facilement déshydratable, ayant une forte tendance à l'isomérisation, et que je propose de nommer fokienol.

Cet alcool se trouve accompagné dans l'essence par de petites quantités de sesquiterpènes, d'une cétone et d'un autre alcool isomère, bicyclique, paraissant résulter de la cyclisation du fokienol sous l'influence de la chaleur.

La séparation du fokienol à l'état pur est assez difficile, en raison de sa cyclisation constante pendant la distillation fractionnée et parce que son acétate, aussi bien que son benzoate, difficiles à former, se décomposent fortement à la distillation, même sous pression très réduite.

Son formiate se montre plus stable et j'ai réussi à l'isoler à l'état pur sous forme d'huile incolore à très faible odeur balsamique, dont les constantes sont :

$$Eb_2 = 126\text{-}170° \text{ (corr.)};\quad d_{21,5} = 0,9785;\quad [\alpha]_D = +16°32';\quad n_{D^{21,5}} = 1,4970.$$

Un gramme absorbe pour sa saponification 8^{cm^3} de solution de potasse N/2 (théorie pour $C^{16}H^{26}O^2 = 8^{cm^3}$). Réfraction moléculaire trouvée : 74,60; calculée pour $C^{16}H^{26}O^2$ avec deux doubles liaisons : 74,50.

L'analyse élémentaire conduit à des chiffres concordant avec cette formule.

Le fokienol obtenu par saponification de ce formiate est une huile sensiblement incolore, assez épaisse, de faible odeur balsamique, ayant les

(¹) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 268-270.

caractères suivants :

$Eb_2 = 125$-126° (corr.); $d_{23} = 0,9236$; $[\alpha]_D = +18^\circ 35'$; $n_{D23,5} = 1,4975$.

Réfraction moléculaire trouvée : 70,18; calculée pour $C^{15}H^{26}O$ avec deux doubles liaisons : 69,86. L'analyse élémentaire confirme cette formule.

D'après les mesures ci-dessus, il résulte que le fokienol, de même que son formiate, possède deux liaisons éthyléniques dans sa molécule et appartient à la série d'alcools sesquiterpéniques monocycliques.

Il est probable qu'il subit une racémisation partielle pendant sa transformation en formiate, car en l'isolant par simple fractionnement de l'essence, il est possible d'obtenir des échantillons plus actifs ($\alpha_D = +21^\circ$ à $+30^\circ$), les autres caractères restant les mêmes.

Le fokienol ne cristallise pas, même après réfrigération prolongée, et ne forme pas de phényluréthane ni d'allophanate solides. Il s'éthérifie avec difficulté, ne réagit pas avec l'anhydride phtalique directement même à 140-150° et se déshydrate aisément en milieu acide, ce qui le désigne comme alcool tertiaire.

Sa déshydratation par l'acide formique ou les agents acides usuels ne conduit pas au sesquiterpène monocyclique correspondant, celui-ci se cyclisant aussitôt et presque totalement en un sesquiterpène isomère, bicyclique, l'isofokienène, dont les caractères varient légèrement suivant la durée de chauffage, le réactif acide employé et la faible proportion de sesquiterpène monocyclique inséparable qu'il renferme :

$Eb_3 = 95$-99°; $d_{20} = 0,9075$; $\alpha_{D21} = +5^\circ 56'$; $n_{D21} = 1,5041$,
$Eb_3 = 96$-99°; $d_{23,5} = 0,9076$; $\alpha_{D22} = +14^\circ 36'$; $n_{D22} = 1,5055$,

Réfraction moléculaire trouvée : 66,62 et 66,64; calculée pour $C^{15}H^{24}$ avec deux doubles liaisons : 66,1.

L'isofokienène ne m'a pas donné de dérivés d'addition cristallisés.

En déshydratant le fokienol par de l'acide métaphosphorique [1] j'ai obtenu avec un rendement de 15 à 20 pour 100, le sesquiterpène monocyclique correspondant, le fokienène, dont les constantes sont :

$Eb_7 = 112$-114°, $d_{15} = 0,8802$; $\alpha_{D15} = +16^\circ 56'$; $n_{D15} = 1,49594$.

L'analyse élémentaire concorde avec la formule $C^{15}H^{24}$; réfraction moléculaire trouvée : 67,76; calculée pour $C^{15}H^{24}$ avec trois doubles liaisons 67,8.

---

(1) GRIGNARD et ESCOURROU, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 1237.

La structure monocyclique du fokienol ainsi confirmée, je me propose d'en compléter l'étude dans le but d'établir la nature et la position des chaînes fixées sur le noyau et l'emplacement des doubles liaisons.

Par déshydrogénation au moyen du soufre, suivant la technique de L. Ruzicka et J. Meyer (1), le fokienol comme le fokienène et l'isofokienène conduisent à la diméthyl-1.6-isopropyl-4-naphtaline (cadaline), caractérisée par son styphnate fondant à 130°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des hexahalogénobenzènes sur les organomagnésiens mixtes*. Note (2) de MM. **J.-F. Durand** et **Lai-Wai Hsun**, présentée par M. V. Grignard.

Ce travail a été entrepris en vue de comparer les réactivités des dérivés hexachloré, hexabromé et hexaiodé du benzène, et d'obtenir la substitution complète des 6 atomes d'halogène, suivant le schéma :

$$C^6X^6 + 6R.MgX' \rightarrow C^6R^6 + 6XX'Mg.$$

Les réactions ont toutes été effectuées dans l'éther absolu, sous la pression atmosphérique, au réfrigérant ascendant, et en agitant le liquide mécaniquement.

I. Hexachlorobenzène, C^6Cl^6. — Ce corps ne réagit, même à l'ébullition prolongée, ni sur CH^3MgI, ni sur C^6H^5MgBr.

II. Hexabromobenzène, C^6Br^6 :

a. A la solution éthérée bouillante d'un grand excès de $CH^3.MgI$, on ajoute par portions, en 2 heures, 30g de C^6Br^6. Après 10 heures d'ébullition, le liquide noirâtre est versé sur de la glace et traité par ClH; la couche éthérée est séchée sur SO^4Na^2, filtrée et évaporée à sec. Le résidu est purifié successivement : par la ligroïne (qui élimine des goudrons); par distillation (220°-280°); par cristallisation dans le benzène, puis dans l'alcool bouillant, en présence de noir animal.

La substance obtenue a un point de fusion de 157°-158°, que des cristallisations répétées n'ont pas élevé. Elle ne contient pas d'halogène : c'est un hydrocarbure.

(1) *Helv. Chim. Acta*, 4, 1921, p. 505.
(2) Séance du 22 décembre 1930.

Cryoscopie.

	M trouvé.	M théor. pour $C^6(CH^3)^6$.
Dans le benzène (K = 50)	163	162
Dans le camphre (K = 500) ([1])	160,6	

Analyse élémentaire.

	Trouvé.	Théorie.
C pour 100	88,04	88,88
H pour 100	11,71	11,11

Le corps obtenu est donc bien l'*hexaméthylbenzène* malgré son point de fusion inférieur de 6°,5 à celui (164°) indiqué par Friedel et Crafts ([2]).

L'identité de notre carbure est encore établie, comme on le verra plus loin, par ce fait que nous l'avons aussi obtenu à partir de l'hexaiodobenzène.

b. Nous avons fait réagir, d'une manière analogue, C^6Br^6 sur le magnésien du bromobenzène. Après traitement par l'eau, la couche éthérée est évaporée pour en chasser l'éther. La solution rougeâtre abandonne par refroidissement de petits cristaux blancs, qu'on essore, lave à froid avec un peu d'éther, et fait recristalliser dans le benzène bouillant, en présence de noir animal.

La substance obtenue fond à 266°, et distille à 418°-420° (sous 760mm) sans décomposition notable. Elle est peu soluble, surtout à froid, dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique; assez soluble, à chaud, dans le benzène et le toluène. Elle ne contient pas d'halogène : c'est un hydrocarbure.

Cryoscopie dans le phénanthrène (K = 120).

M trouvé	539
M théor. pour $C^6(C^6H^5)^6$	534,3

([1]) JOUNIAUX, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 11, 1912, p. 722.

([2]) FRIEDEL et CRAFTS, *Comptes rendus*, 91, 1880, p. 259; *Ann. Chim. et Phys.*, 6e série, 1, 1884, p. 454.

La firme Kahlbaum, qui a préparé de l'hexaméthylbenzène par le procédé de ces auteurs, a bien voulu nous faire savoir que ses chimistes n'ont jamais pu, « malgré des cristallisations répétées, élever le point de fusion de l'*hexaméthylbenzène* au-dessus de 157°-158° » (lettre du 25-6-1930), ce qui est conforme à nos résultats.

D'autres auteurs, cependant, ont trouvé des P. F. de 164° et *au-dessus*.

Analyse élémentaire.

	Trouvé.	Théorie.
C pour 100	94,19	94,38
H pour 100	5,58	5,60

Il s'agit donc de l'*hexaphénylbenzène*, qui, croyons-nous, n'avait jamais été préparé.

III. Hexaiodobenzène, C^6I^6. — Ce corps, sous forme d'une poudre cristalline orangée, fondant à 350°, a été préparé par Rupp [1], en traitant à chaud l'acide benzoïque par l'iode, dans l'oléum. Nous avons remplacé dans ce procédé l'acide benzoïque par le benzène et presque doublé ainsi le rendement (par rapport à l'iode), en le portant à 42 pour 100.

a. Malgré son insolubilité dans l'éther, la réaction de C^6I^6 sur CH^3MgI est si vive, dans les conditions ordinaires, qu'elle est difficile à maîtriser et donne surtout des goudrons. Les résultats sont meilleurs si l'on projette C^6I^6 (20g), par petites portions, dans la solution éthérée du magnésien, refroidie, puis maintenue vers −10° pendant quelques heures. Après traitement du produit par la glace et ClH, et une série de cristallisations, on isole une petite quantité de cristaux blancs.

Cette substance ne renferme pas d'halogène. Elle fond à 157°-158° comme l'*hexaméthylbenzène* obtenu à partir de C^6Br^6; et le mélange des deux carbures fond aussi à 157°-158°, ce qui confirme leur identité.

b. La réaction de C^6I^6 sur $C^6H^5.MgBr$, bien qu'encore assez vive, s'effectue convenablement à la température ordinaire; on doit même, pour la terminer, porter le liquide à l'ébullition pendant quelques heures. Après traitement par la glace et ClH, on peut isoler de petits cristaux incolores.

Ces cristaux ont le même point de fusion (265°-266°), et, au microscope, le même aspect (fers de lances), que ceux de l'*hexaphénylbenzène* obtenu à partir de C^6Br^6. Le mélange des deux carbures a aussi le même point de fusion, ce qui confirme leur identité.

En résumé, dans l'éther absolu, sous la pression atmosphérique (c'est-à-dire à $t \leq 36°$) :

1° C^6Cl^6 ne réagit, ni sur $CH^3.MgI$, ni sur $C^6H^5.MgBr$;

2° C^6Br^6 réagit modérément en donnant l'*hexaméthylbenzène* et l'*hexaphénylbenzène*, dont c'est une préparation commode;

3° C^6I^6 réagit violemment (surtout sur $CH^3.MgI$), en donnant, comme produits cristallisés principaux, les deux mêmes carbures.

---

(1) Rupp, *Ber. deutsch. chem. Gesell.*, 29, 1896, p. 1631.

Nous signalons, en terminant, que nous avons obtenu, par réaction de l'acide nitrique fumant sur l'hexaiodobenzène, une substance azotée et iodée, en cristaux jaune de miel (F. 330°), qu'une réaction plus prolongée transforme en une substance non azotée, en fines aiguilles jaune citron (F. 307°-308°), de formule probable $C^6I^6O^3$.

Nous nous réservons pendant quelque temps l'étude de ces corps, de l'hexaphénylbenzène, et des réactions des hexahalogénobenzènes sur les organomagnésiens.

GÉOLOGIE. — *Sur l'interprétation tectonique du nord-ouest du Rif espagnol.* Note [1] de MM. P. **Fallot** et M. **Blumenthal**.

Nous avons signalé avec M. A. Marin les caractères stratigraphiques et tectoniques du nord-est de l'arc rifain [2].

Il convient de rechercher quelles relations existent entre cette portion nord de l'arc rifain et les régions montagneuses de l'Andalousie. Sans apporter des solutions définitives, nous croyons pouvoir limiter plus qu'avant le champ des hypothèses.

En Espagne. — L'un de nous a distingué [3] des zones tectoniques solidaires du front des nappes bétiques, sous le nom de zones pénibétiques interne, médiane et externe. A l'extérieur, au nord de ces fronts, s'alignent parallèlement à eux les diverses unités subbétiques assimilées à des éléments de l'avant-pays des nappes, décollés, poussés en avant d'elles et se chevauchant l'un l'autre, associés a du Trias à gypse de faciès germanique.

Ces diverses unités disparaissent vers l'Ouest sous le Flysch éocène transgressif de la province de Cadix qui est en continuité avec le Flysch nord-marocain. Une partie interne de ce Flysch associée aux unités péni et subbétiques est charriée, mais sa portion externe est, ou simplement décollée ou en place.

Les derniers accidents pénibétiques s'incurvent au Sud-Ouest et de Manilva au rocher de Gibraltar et à la Punta de Benzù, dessinent une double inflexion à l'emplacement de laquelle s'ouvre le détroit [4].

---

(1) Séance du 17 novembre 1930.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 144, 382 et 436.

(3) M. Blumenthal, *Versuch einer tektonischen Gliederung des betischen Cordilleren von Central und Sudwest Andalusien* (*Eclog. Geol. Helvetiae*, 20, 1927, p. 487 à 532).

(4) M. Blumenthal, *loc. cit.*, p. 526.

Au Maroc. — Le Paléozoïque bétique et le Jurassique pénibétique qui en est solidaire forment, comme on l'a vu, l'arc rifain. Par contre, seuls le Dj. Musa et un lambeau jurassique près de Zahara peuvent être rattachés au pénibétique externe dont ils formeraient deux éléments très obliques par rapport à la côte.

Hormis ces accidents *qui continuent vers l'Ouest-Sud-Ouest, les directions pénibétiques d'Andalousie, dès le nord du Maroc on ne trouve plus au pourtour du Jurassique la continuation d'aucun des accidents frontaux des nappes bétiques* qui disparaissent à la courbure morphologique des montagnes dans la région du détroit de Gibraltar : l'*Andalousie est un pays de fronts de nappes, la chaîne incurvée du Rif ne l'est pas.*

Cette constatation, jointe à l'absence de charriages au bord de la zone jurassique rifaine et vers Tanger, nous oblige à abandonner l'hypothèse d'un complexe de nappes ayant déferlé en direction centrifuge et se continuant en une courbe très rapide d'Espagne en Afrique, admise jadis par Gentil, puis par MM. Bourcart, Russo, etc. Pour les mêmes motifs, il serait difficile d'admettre la notion d'une torsion de toute la chaîne après achèvement de charriages poussés du Sud au Nord, envisagée par M. Argand (¹).

M. Staub (²) nie la courbure de Gibraltar, et attribue le détroit à une zone déprimée séparant les Dinarides au Sud, des Alpides, dont les nappes s'ennoieraient vers l'Ouest. Les accidents du Flysch, en gros, obliques au détroit, ne permettent pas non plus d'admettre cette explication, mais elle semble contenir une part de vérité.

A la notion de l'absence, au pourtour du Rif des accidents frontaux d'Espagne méridionale, doit s'ajouter celle du caractère transgressif du Flysch lutétien. Au Maroc il repose à la fois sur le Paléozoïque (ouest de Ceuta, Dj. Zenzen), sur le Jurassique, dans les plis duquel il est pincé, et à l'extérieur de la chaîne calcaire. Or, cette disposition existe aussi dans la nappe du Bétique de Malaga et l'un de nous (³) pour l'y expliquer, a admis l'existence d'une préphase orogénique antélutétienne.

(¹) E. Argand, *La tectonique de l'Asie* (*B. R. XIIIᵉ Congrès géologique international*, Bruxelles 1924, p. 355-359).

(²) R. Staub, *Ueber Gliederung und Deutung der Gebirge Marokkos* (*Ecl. Geol. Helvetiae*, 20, 1926, p. 275-288).

(³) M. Blumenthal, *Beiträge zur Geologie der betischen Cordilleren beiderseits des Rio Guadalhorce* (*Eclog. Geol. Helvetiae*, 22, 1930, p. 277 et suiv.).

Nos observations au Maroc nous amènent à attribuer à cette phase co-alpine une importance plus grande encore, rencontrant ici les idées de M. Brouwer qui tend à vieillir beaucoup les nappes de la région de la Sierra Nevada.

Dans cette hypothèse les nappes bétiques auraient formé un complexe poussé vers le Nord, orienté en gros Est-Ouest et ennoyé vers l'Ouest, leurs fronts passant en Andalousie méridionale. *Le Paléozoïque rifain et le Jurassique qui l'accompagne ne seraient autres que la carapace de la plus élevée d'entre elles.* Après érosion et dépôt du Flysch les paroxysmes alpins ont fait rejouer des chevauchements au front de la zone des charriages dont la masse principale, figée en un massif bético-rifain disparaît à l'Ouest, cachée sous les ondes périphériques récentes du Tertiaire.

Au Maroc, *ils ont provoqué* — le massif bético-rifain formant arrière-pays relatif — *tous les accidents poussés au Sud, au Sud-Ouest et à l'Ouest* qui l'entourent et dont le tronçon à l'est de Bab-Taza évoque, par l'intensité et le sens relatif des efforts, la poussée insubrienne des Alpes.

Sous réserve de vérifications et des développements nécessaires, cette interprétation nous ramènerait aux vues divinatoires du génial et regretté P. Termier, qui voulait voir, déjà en 1911 [1], une vaste carapace dans cette partie de la Méditerranée occidentale.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la variation diurne des courants telluriques enregistrés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur.* Note de M. **P. Rougerie**, présentée par M. Ch. Maurain.

Notre statistique a porté pour chaque composante du courant sur 475 courbes obtenues par Moureaux entre les mois de mai 1893 et juillet 1895. Seuls les jours caractérisés par une situation magnétique calme, presque calme ou peu agitée ont été conservés pour déterminer la variation régulière diurne des éléments du courant tellurique. Les moyennes horaires mensuelles des différences de potentiel, exprimées en millivolts par kilomètre (m/k), calculées respectivement pour chacune des deux lignes N-S et E-W avec les constantes indiquées par Moureaux, n'ont jamais dépassé 4,8 m/k. Les deux composantes sont du même ordre de grandeur, mais leur rapport est

---

[1] P. Termier, *Les problèmes de la Géologie tectonique de la Méditerranée occidentale* (*Rev. gén. des Sciences*, **22**, 1911, p. 225).

assez variable. Pendant l'année 1894 la force électromotrice N-S était supérieure à la force électromotrice E-W, l'inverse ayant eu lieu pour les autres mois. La moyenne journalière donne 1,0 m/k pour la ligne N-S et 0,8 m/k pour la ligne E-W, ce qui correspond à un courant résultant de 1,3 m/k environ, valeurs très différentes de celles enregistrées à Tortosa (Espagne). Dans la ligne N-S le courant a circulé le plus souvent du Sud vers le Nord, sauf en mai 1893 : direction inverse de celle qui a été le plus fréquemment observée dans les stations européennes. Dans la ligne E-W le sens habituel a été Est vers Ouest jusqu'au mois d'octobre 1894; à partir de cette époque le sens contraire a prévalu. La direction du courant résultant a donc tourné graduellement de 180° de l'Ouest vers l'Est pendant l'intervalle de temps considéré.

Les moyennes horaires mensuelles et saisonnières montrent que la force électromotrice dans chacune des lignes est soumise à une variation diurne très nette dont l'amplitude, de l'ordre du courant moyen, est plus importante en été qu'en hiver, notamment pour le courant circulant suivant le méridien. On a trouvé les valeurs de l'amplitude suivantes (m/k) :

	Printemps.	Été.	Automne.	Hiver.
Ligne N-S	1,6	2,4	1,5	0,6
Ligne E-W	1,4	1,7	1,3	1,1

Cette variation annuelle de l'amplitude ressemble assez bien à la marche habituellement constatée.

La variation diurne des deux composantes du courant et de leur résultante présente une double oscillation dont voici une rapide description :

1° Pour la ligne N-S le courant évolue lentement vers le Sud de 0h à 4h, revient vers le Nord vers 8h, puis rétrograde rapidement vers le Sud jusqu'à 12h et retourne à nouveau brusquement vers le Nord, enfin vers 16h prend lentement pendant quelques heures la direction inverse pour circuler ensuite définitivement vers le Nord où il atteint son élongation maximum vers 23h. Le minimum principal avance en été (11h) et retarde en hiver (13h). Le maximum secondaire qui a lieu suivant les saisons entre 20h et 1h devient le plus important en hiver où la variation diurne plus faible est même un peu masquée. Le petit minimum secondaire vers 18h-19h est nettement marqué sur toutes les courbes mensuelles, il se retrouve d'ailleurs un peu moins accusé sur le graphique de Watheroo (Australie), lequel est presque identique à celui du Parc Saint-Maur.

2° Le courant E-W dont la variation diurne est plus régulière va de

l'Est vers l'Ouest de 2^h à 5^h, se dirige ensuite assez rapidement vers l'Est où il passe par son élongation extrême vers 10^h, le courant circule à nouveau vers l'Ouest jusqu'à 18^h et reprend alors le sens inverse pour le restant de la journée. Le minimum principal se produit à des heures très différentes suivant les mois de l'année : vers 8^h en été et vers 11^h en hiver. Durant cette dernière saison les deux maxima sont presque égaux.

Les développements en séries harmoniques effectués sur les moyennes horaires mensuelles de 1894 et saisonnières mettent en évidence des changements d'amplitude et de phase qui paraissent liés à la position du Soleil au cours de l'année. En particulier, les ondes diurnes N-S et E-W, généralement les plus fortes, ont une amplitude plus grande en été qu'en hiver. Ce résultat précédemment indiqué par Weinstein à Berlin est confirmé par les travaux effectués ces dernières années à Watheroo, station située dans l'hémisphère sud pour laquelle il faut considérer la succession inverse des saisons. Ajoutons même que le sens de la variation des phases entre Paris et Berlin est concordant malgré la durée assez restreinte dans laquelle se répartissent les observations que nous avons utilisées.

3° La variation diurne du courant résultant est la plus régulière en été et en automne, saisons pour lesquelles l'amplitude 1,5 m/k est à peu près la même; celle-ci se trouve réduite à la moitié de cette valeur en hiver. Voici les valeurs horaires calculées à l'aide des composantes moyennes horaires :

Heure.	1^h.	2^h.	3^h.	4^h.	5^h.	6^h.	7^h.	8^h.	9^h.	10^h.	11^h.	12^h
m/k..	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,2	0,6	0,4	0,7
Heure.	13^h.	14^h.	15^h.	16^h.	17^h.	18^h.	19^h.	20^h.	21^h.	22^h.	23^h.	24^h.
m/k..	1,0	1,4	1,6	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5

D'après ce tableau le minimum principal a lieu vers 11^h; comme l'indiquent les moyennes saisonnières il avance en été et retarde au printemps et en hiver. Dans cette dernière saison le maximum principal de 20^h est surpassé par le maximum secondaire de 8^h. D'ailleurs pour cette époque de l'année la variation diurne est assez irrégulière.

En résumé le régime de la variation diurne des courants telluriques enregistrés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur est analogue dans son allure générale à celui qui a été mis en évidence par les observations allemandes, espagnoles et australiennes, tout en ayant cependant des caractéristiques particulières à cette station française.

MÉTÉOROLOGIE. — *La pluie de boue du 27 novembre 1930.* Note [1] de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

On a signalé à maintes reprises des pluies, plus ou moins abondantes, de poussières dans le midi de la France ainsi que dans les vallées du Rhône, de l'Isère et même jusque dans le bassin de la Seine à 15^{km} de Provins.

Cette année, on a observé, dans la nuit du 27 au 28 novembre, une chute de boue rougeâtre à Paris, malheureusement une pluie à allure orageuse n'a permis de recueillir qu'une très faible quantité d'un sédiment rouge orangé délavé.

M. Besson nous a transmis l'eau d'un de ses pluviomètres ainsi que l'eau ayant servi à nettoyer les instruments exposés à l'air et qui avaient été souillés par la pluie de boue.

Ces échantillons joints à ceux que nous avons recueillis sur une verrière ont donné à l'analyse les résnltats suivants :

Résultats rapportés à 100g de matière sèche.

	Échantillons.	
	Montsouris.	Verrière.
Matières organiques	8,74	
Chlore en NaCl	0,51	0,360
Fe^2O^3	21,4	16,77
Al^2O^3	7,2	1,17
SiO^2	63,8	51,72

Les renseignements qui nous ont été fournis par certains de nos observateurs dans les stations climatiques dépendant de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie nous ont permis de déterminer, non seulement le périmètre des régions soumises à cette pluie de poussière, mais encore de recueillir des échantillons de poussières dans de bonnes conditions.

Tel est le cas pour la poussière récoltée sur une terrasse par M. Raymond à Antibes pendant une violente tempête par vent d'E-NE qui a sévi à cette époque.

---

(1) Séance du 22 décembre 1930.

Analyse des poussières d'Antibes.
Résultats rapportés à 100g de matière sèche :

Matières organiques	4,4
SiO^2	32,74
SO^4Ca	17,55
CO^3Ca	14,28
Fe^2O^3	20,98
Al^2O^3	2,53
NaCl	4,37
MgO	2,49

Nous constatons que la poussière tombée le 27 novembre 1930 offre de très grandes analogies avec celles que nous avions signalées aux mois de novembre 1926 et de janvier 1928 [1] lesquelles avaient une très grande similitude de composition avec celles recueillies par Dupasquier en 1847 [2] et Bouis en 1835 [3].

Notons, une fois de plus, l'importance des chlorures que nous avions déjà signalée pour la première fois en janvier 1928.

Cette pluie de poussière s'est répandue d'Antibes à Bordeaux, elle a été observée à Pau, Toulouse, Béziers, Montpellier.

Il est possible que cette chute de poussière ait passé inaperçue dans la vallée du Rhône balayée par des vents du Sud qui soufflaient avec violence à cette date.

Quoi qu'il en soit, il y a identité de composition entre les poussières recueillies à Paris et celles récoltées dans le midi de la France.

Faut-il en chercher l'origine dans les troubles atmosphériques si profonds qui ont été enregistrés dans la province d'Oran et la chute de poussières ocreuses constatée ensuite à Barcelone?

Les mines de fer de la région ouest d'Oran, à la Tafna, ainsi que les vastes régions salées à l'est d'Oran, pourraient peut-être justifier, dans une certaine mesure, cette hypothèse. Mais alors la rapidité du transport de ces poussières du nord de l'Afrique jusque dans la région parisienne est difficilement explicable.

Nous pensons, néanmoins, qu'étant donnée la fréquence relative de ces phénomènes de transport de poussières, il y aurait lieu d'attirer l'attention

---

(1) F. Bordas et A. Desfemmes, *Comptes rendus*, **159**, 1928, p. 159.
(2) Dupasquier, *Comptes rendus*, **24**, 1847, p. 625.
(3) Bouis, *Comptes rendus*, **70**, 1870, p. 1035.

des observateurs situés en Algérie afin d'enregistrer bien exactement la date et l'heure de phénomènes météorologiques analogues à ceux observés en Oranie et de s'enquérir en outre si ces mouvements atmosphériques ont été produits sur place ou si, au contraire, ils n'ont pas eu une origine plus méridionale.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la distribution des Poissons Téléostomes en grands groupes naturels.* Note de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. H. Douvillé.

Presque tous les Poissons qui peuplent actuellement les eaux douces et les mers doivent être rangés dans une division particulière des Téléostomes : les Actinoptérygiens. Ceux-ci sont subdivisés en trois ordres : les Chondrostéens, dont le type le plus connu est l'Esturgeon; les Holostéens, réduits, dans la nature actuelle, aux deux genres *Amia* et *Lepidosteus;* enfin les Téléostéens ou Poissons osseux qui comprennent plus des neuf dixièmes des Poissons maintenant vivants. L'Anatomie comparée et la Paléontologie ont conduit à rapprocher Holostéens et Téléostéens en un groupe spécial qui s'oppose par de nombreux et importants caractères anatomiques au groupe des Chondrostéens.

Une telle opposition s'atténue, et en quelque sorte s'évanouit, par la considération de deux très intéressantes formes du Permo-Trias de Madagascar.

L'une de ces formes, pour laquelle j'ai déjà proposé le nom de *Parasemionotus*, ressemble à certains Chondrostéens de la famille des Catoptéridés par la largeur relativement grande de son préopercule, l'extension vers l'arrière du maxillaire, le développement de l'opercule et du sous-opercule. Comme chez les Catoptéridés l'hyomandibulaire, traversé par une branche du nerf facial, s'articule avec l'opercule; mais c'est là aussi une structure caractéristique des Poissons plus élevés et qui indique une disposition de la musculature semblable à celle des Téléostéens (formation d'un muscle dilateur de l'opercule). Il y a un interopercule, os considéré jusqu'ici comme caractéristique des Holostéens et Téléostéens. Le maxillaire est surmonté d'un supramaxillaire. Il y a en outre une plaque gulaire. La mandibule ressemble à celle des Sémionotidés et plus particulièrement de *Lepidotus*. Les nageoires sont de type holostéen.

De *Parasemionotus* il faut rapprocher un autre genre, qui présente égale-

ment une apparence de Catoptéridé par la grande extension vers l'arrière du maxillaire, la taille et la forme du préopercule, le développement de l'opercule et du sous-opercule. A côté de ces caractères de Chondrostéen, on trouve des caractères d'Holostéen : présence d'un interopercule, d'un supramaxillaire, etc.

La mandibule rappelle celle des Holostéens les plus spécialisés : Macrosémiidés et Eugnathidés. La nageoire pectorale, seule conservée, montre 5 rayons bien ossifiés. Les épines des nageoires ne sont articulées que dans leur partie distale.

Les deux genres que nous venons de caractériser très brièvement sont étroitement liés par l'ensemble de leur organisation et doivent prendre place dans une même famille. La position de cette famille par rapport aux Chondrostéens et aux Holostéens est incertaine : elle est en quelque sorte à cheval sur ces deux groupes.

On a depuis longtemps signalé, dans les Catoptéridés, des caractères qui annoncent les Poissons ganoïdes plus élevés et même les Téléostéens. Nous nous trouvons maintenant en présence de formes encore plus évoluées que les Catoptéridés, et réalisant beaucoup plus nettement que ceux-ci la transition entre les Chondrostéens et les autres Actinoptérygiens.

Ainsi le grand groupe des Actinoptérygiens nous apparaît bien comme un ensemble naturel, dans lequel on peut signaler des différences, apercevoir des commencements de groupes, des séparations, mais où il est impossible de tracer des circonscriptions parfaitement nettes et n'entrant par aucun point les unes dans les autres.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les variations de coloration des plantes au cours de leur dessiccation. Le chromogène de l'*Orobus niger *L. est l'arbutoside (arbutine)*. Note (¹) de M. **André Meunier**, présentée par M. L. Mangin.

On connaît la propriété que possèdent certaines plantes de brunir ou de noircir au cours de leur dessiccation. Le processus de ces changements de teinte n'est pas le même pour toutes ces plantes.

L'*Orobus niger* L. présentant le phénomène de noircissement, je me suis proposé de rechercher l'origine de cette coloration.

(¹) Séance du 22 décembre 1930.

Il résulte de mes essais que le chromogène de l'*Orobus niger* L. n'est pas identique au chromogène de l'*Orobus tuberosus* L. l'orobérol, principe non glucosidique découvert par MM. Bridel et Charaux. Le noircissement des tiges foliées est moins rapide pour l'*Orobus niger* L. que pour l'*Orobus tuberosus* L.

Soupçonnant la nature glucosidique du chromogène de l'*Orobus niger* L., j'ai appliqué pour sa recherche la méthode biochimique de Bourquelot. L'emploi de cette technique m'a permis de déceler la présence d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Le produit d'hydrolyse de ce glucoside noircit peu à peu par oxydation à l'air.

Dans les tiges foliées, le changement de déviation résultant de l'action de l'émulsine a été de 3° 6′, et il s'est formé $2^g,053$ de principes réducteurs exprimés en glucose pour 100^{cm^3}. Soit un indice de réduction enzymolytique de 662, assez voisin de celui de l'arbutoside (700).

Le glucoside a été extrait à l'état cristallisé par le procédé suivant : 3^{kg} de plantes fraîches ont été traitées par 7500^{cm^3} d'alcool à 80^c bouillant, puis, après avoir été hachées, par 4^l de nouvel alcool à 80^c. Les solutions alcooliques réunies et filtrées ont été distillées à l'alambic. Le résidu aqueux, filtré chaud, a été déféqué par l'extrait de Saturne puis après élimination de l'excès de plomb, le liquide a été amené à consistance d'extrait sirupeux.

Cet extrait a été épuisé par l'éther acétique hydraté à l'ébullition. La distillation de l'éther acétique a laissé un résidu blanc en croûte cristalline. Ces cristaux ont été purifiés d'abord par trois cristallisations successives dans l'éther acétique bouillant, à saturation. Puis, après lavage à l'éther anhydre, ils ont été purifiés une dernière fois par cristallisation dans l'éther acétique à 2 pour 100 d'eau.

Le tableau suivant indique les constantes du glucoside de l'*Orobus niger* L. et celles de l'arbutoside du *Grevillea robusta*, A. Cunn., données par Bourquelot et Mlle A. Fichtenholz :

	Arbutoside du *Grevillea robusta*.	Glucoside de l'*Orobus niger*.
Forme cristalline	aiguilles	aiguilles
Teneur en eau pour 100	$6^g,0$	$6^g,2$
Pouvoir rotatoire (hydraté)	$-61°,1$ $-61°,8$	$-61°,65$ $-61°,45$
» (anhydre)	$-65°,1$	$-65°,76$ $-65°,73$
Indice de réduction (acide)	»	708
Indice de réduction (émulsine)	709-735	716

La comparaison de ces résultats montre que l'identité des deux glucosides est aussi parfaite que possible.

Il est intéressant de constater que deux plantes du même genre : l'*Orobus tuberosus* L. et l'*Orobus niger* L. noircissent toutes deux par des processus totalement différents.

Le noircissement de l'*Orobus tuberosus* L. est dû, comme l'ont montré MM. Bridel et Charaux, à un chromogène de nature non glucosidique, mais phénolique, l'orobérol, dont l'oxydation est rapide.

Le changement de teinte de l'*Orobus niger* L. provient d'un glucoside, l'arbutoside. Son produit d'hydrolyse, de nature phénolique, l'hydroquinone, ne s'oxyde qu'une fois libéré. La coloration est, par suite, beaucoup moins rapide.

La répartition de l'arbutoside était, jusqu'à présent, limitée aux trois familles suivantes : Protéacées, Éricacées, Rosacées.

La découverte de ce glucoside dans l'*Orobus niger* L., plante de la famille des Légumineuses, augmente sa dissémination connue dans le règne végétal.

PHYSIOLOGIE. — *L'excrétion des corps créatiniques en fonction de la grandeur de la dépense azotée endogène*. Note [1] de MM. **Émile-F. Terroine**, **R. Bonnet**, **P. Danmanville** et Mlle **G. Mourot**, présentée par M. d'Arsonval.

Des études antérieures ont permis de conclure : d'une part, à la constance dans l'excrétion de la créatinine; d'autre part, à la variabilité d'excrétion de la créatine lorsque varie la grandeur du métabolisme azoté exogène.

Parmi les faits les plus significatifs, il convient de rappeler les suivants :

1° Le passage d'une alimentation permettant d'atteindre le taux minimum de la dépense azotée à une autre, riche en matières protéiques, est accompagné par une augmentation considérable de créatine, la créatinine restant fixe; les mêmes faits s'observent dans la croissance si, pour un même régime riche en azote, on augmente la dégradation exogène par suppression des éléments minéraux de la ration (Garot);

2° Au cours de la croissanee et pour une ration apportant une même quantité d'albumine, la formation de créatine est d'autant plus grande que la valeur biologique de l'albumine administrée est plus faible, c'est-à-dire

(1) Séance du 22 décembre 1930.

que la quantité totale d'azote rejeté est plus élevée (Terroine et Danmanville).

Devant ces faits, nous nous sommes posé la question de savoir si la manière de se comporter des corps créatiniques dans le métabolisme azoté d'origine exogène se retrouverait lorsqu'on s'adresserait au métabolisme endogène.

Nous avons donc soumis des animaux à des actions telles qu'on pût comparer, sur un même sujet, une période où la dégradation azotée endogène est réduite à sa valeur minima à une autre où elle est considérablement augmentée.

Pour obtenir la valeur minima de dépense endogène, il a été fait appel au procédé habituel : alimentation couvrant largement les besoins énergétiques par des glucides et apportant toutes les substances minérales et toutes les vitamines nécessaires, mais ne contenant pas de matières protéiques. Pour obtenir une dégradation intense nous avons fait suivre la précédente période d'une autre au cours de laquelle on a, suivant les essais, soit soumis le sujet à l'inanition, soit administré à ce sujet maintenu à l'inanition tantôt de l'acide benzoïque, tantôt de la phlorhizine, tantôt enfin du phosphore.

Les expériences d'inanition ont été poursuivies sur des porcelets de 15 à 20^{kg} et sur des rats; celles d'intoxication : sur des porcelets pour l'acide benzoïque et la phlorhizine, sur des lapins pour le phosphore. Un Mémoire étendu donnera prochainement le détail des expériences ainsi qu'une bibliographie du sujet avec l'indication des quelques faits antérieurement acquis par d'autres auteurs et qui concordent avec ceux apportés aujourd'hui.

Nous nous bornerons donc à donner ici l'ensemble des résultats obtenus dans deux tableaux, le premier relatif à l'inanition, le second aux intoxications. Ces tableaux réunissent, pour chaque période, les valeurs moyennes quotidiennes des excrétions de l'azote total, de la créatinine et de la créatine.

L'examen de ces tableaux permet des conclusions extrêmement précises, à savoir :

1° *L'excrétion de la créatinine reste remarquablement constante, quelles que soient les variations de grandeur de la dépense azotée endogène, même lorsqu'elles se font dans le rapport de 1 à 2,5.*

2° *L'excrétion de la créatine suit celle de l'azote total; elle augmente considérablement lorsque augmente la grandeur de l'excrétion azotée endogène sous l'influence d'un régime ou d'un agent quelconque.*

Les corps créatiniques se comportent donc, dans le métabolisme azoté endogène, exactement comme dans le métabolisme exogène. L'ensemble de ces constatations constitue un nouvel argument en faveur de l'indépendance complète des métabolismes de la créatine et de la créatinine et de la différence d'origine de ces deux corps.

Tableau I. — *Inanition.*

Animaux.	Bilan azoté (gr). Dépense azotée minima.	Bilan azoté (gr). Inanition complète.	Créatinine (mg). Dépense azotée minima.	Créatinine (mg). Inanition complète.	Créatine (mg). Dépense azotée minima.	Créatine (mg). Inanition complète.
Porc n° 1.........	—0,973	—1,007	158	110	25	66
Porc n° 2.........	—0,777	—0,915	182	118	30	66
Porc n° 3.........	—0,912	—1,644	256	204	16	125
Rat n° 1..........	—0,0407	—0,0684	3,86	2,85	3,81	4,64
Rat n° 2..........	—0,0374	0,0940	2,3	2,64	3,72	6,85
Rat n° 3..........	—0,0857	—0,2153	7,21	8,51	6,92	15,09

Tableau II. — *Intoxications.*

Agent toxique.	Taux de la dégradation azotée dans la dépense azotée minima.	Taux de la dégradation azotée dans l'intoxication avec inanition complète.	Excrétion de la créatinine (gr) dans la dépense azotée minima.	Excrétion de la créatinine (gr) dans l'intoxication avec inanition complète.	Excrétion de la créatine (gr) dans la dépense azotée minima.	Excrétion de la créatine (gr) dans l'intoxication avec inanition complète.
Acide benzoïque...	1,174	1,646	0,404	0,395	0,026	0,058
Acide benzoïque...	1,285	3,042	0,359	0,358	0,115	0,372
Acide benzoïque...	1,268	2,608	0,655	0,627	0,122	0,265
Phlorhizine.......	1,274	1,477	0,395	0,406	0,030	0,079
Phlorhizine.......	1,394	2,964	0,534	0,543	0,050	0,375
Phlorhizine.......	1,277	2,590	0,433	0,433	0,066	0,439
Phosphore........	0,738	1,578	0,0968	0,0977	0,021	0,072
Phosphore........	0,981	1,770	0,127	0,117	0,017	0,061

ZOOLOGIE. — *Essai d'application de la méthode de lecture des écailles à l'étude de la croissance des poissons du Grand Lac du Cambodge et du Tonlé-Sap.* Note de M. **P. Chevey**, présentée par M. L. Joubin.

J'ai, dans une précédente Note [1], montré que le phénomène annuel de hausse et de baisse des eaux douces, en Cochinchine et au Cambodge, et

---

[1] *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 280.

probablement dans tous les pays de la zone intertropicale du globe, s'inscrivait sur les écailles des poissons des zones tempérées. J'indiquais, en terminant, combien la constatation de ce phénomène, et son observation raisonnée, pouvaient nous faire espérer de progrès dans la connaissance de la biologie de ces animaux.

Avant d'exposer la première série d'observations qui fait l'objet de cette Note, rappelons brièvement, pour la clarté de ce qui va suivre, que la superficie du Grand Lac du Cambodge passe, des basses aux hautes eaux, de 2400^{km^2} à 10000^{m}, envahissant et noyant, sous plusieurs mètres d'eau, toute sa ceinture forestière en pleine végétation, que, d'autre part, les grands fleuves de ce pays, tout en accusant une dénivellation de même ordre de leur plan d'eau, d'une dizaine de mètres environ, sont bien loin de s'étendre en superficie avec une ampleur comparable à celle du Grand Lac; profondément encaissés entre des berges taillées presqu'à pic, ils élèvent seulement leur niveau jusqu'à venir affleurer au sommet des berges, et la forêt qu'ils sont susceptibles d'envahir, lorsqu'elle existe, n'est jamais comparable, quant à l'importance de la superficie noyée, à celle du Grand Lac.

Or, à ces deux physionomies géographiques dissemblables répondent des comportements de croissance différents chez les poissons qui les habitent. Dans le tableau suivant on a porté l'âge, et les tailles correspondantes, de quelques poissons provenant soit du Grand Lac, soit de son effluent, le Tonlé-Sap, dont il est pratiquement isolé, aux basses eaux, par l'émergence du seuil de Snoctrou. L'âge a été calculé d'après le nombre des « cercles de basses eaux » des écailles; ce nombre correspond à celui des années, puisqu'il n'y a qu'une saison des basses eaux par an. Si le bord de l'écaille est occupé par une « zone de hautes eaux », il faudra ajouter au nombre d'années autant de mois qu'il s'en est écoulé depuis la fin des dernières basses eaux, c'est-à-dire depuis le dernier mois de juin jusqu'à la date de capture de l'animal.

Poissons.	Age.	Taille. (Grand Lac).	Taille. (Tonlé-Sap).
		cm	cm
Labeo chrysophekadion (Blkr.)	2 ans	32	17
	3 »	44	–
Hampala macrolepidota (C. V.)	2 »	31	17
	4 »	38	–
Leptobarbus Hoeveni (Blkr.)	2 »	29,5	23
Cyclocheilichthys enoploïdes (Tirant)	2 » 1/2	37	–
	3 »	–	25

Les faits mis en évidence par ce tableau sont d'une clarté et d'une préci-

sion telle qu'il est permis de leur attribuer immédiatement une haute portée générale, compte tenu de ce que nous savons déjà de la prodigieuse richesse ichtyologique du Grand Lac ; cette richesse est due, avant tout, au fait que les Poissons y croissent beaucoup plus vite que dans les eaux douces autres que celle du Lac. Cette vitesse de croissance peut amener certaines espèces à mesurer, dans un laps de temps égal, une taille presque double de celle qu'elles auraient pu atteindre en dehors du Lac. Il est intéressant de comparer ces vitesses de croissance à celles que l'on a évaluées dans les eaux douces et marines des régions tempérées. On sait, par exemple, qu'un jeune Saumon, ou Tacon, atteint en 2 ans, en eau douce, de 15 à 17^{cm}. Dans la Manche et l'Atlantique, le Merlu atteint dans le même laps de temps de 23,5 à 26^{cm} [1] ; or, sa taille à l'état adulte, est du même ordre de grandeur (1^{m} environ) que celle du Saumon, et ce n'est qu'une fois arrivé en mer que ce dernier compense, par accélération brusque de sa vitesse de croissance, la lenteur de son développement en eau douce. Ainsi, de même que, dans la zone tempérée, les eaux douces donnent des chiffres de croissance très inférieurs à ceux des eaux marines, de même, ici, les eaux douces cambodgiennes, autres que celles du Grand Lac, donnent des chiffres beaucoup plus bas que les eaux du Grand Lac lui-même. Ce dernier, déjà si curieux par le caractère marin de sa faune, accuse ainsi plus fortement encore, jusque dans la biologie de cette faune, ses traits de ressemblance avec des eaux marines.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés des constituants biochimiques, les protides en particulier, en solutions anhydres.* Note [2] de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans les solutions aliphatiques précédentes, les constituants biochimiques forment des solutions vraies, où disparaissent celles de leurs propriétés spécifiquement liées à l'état colloïdal. Ces solutions manifestent par contre certaines propriétés chimiques particulières.

1. *Disparition des propriétés liées à l'état colloïdal.* — Ces solutions aliphatiques ne moussent pas et possèdent une viscosité notablement inférieure à celle des solutions aqueuses d'égale concentration.

---

(1) Belloc, *Off. Sc. Pêches Marit.*, Notes et Mém., n° 21.

(2) Séance du 22 décembre 1930.

Les solutions formiques de gélatine restent indéfiniment à l'état de sol et ne gélifient plus, même à concentration élevée (20 pour 100 et plus).

Comme conséquence de la disparition de l'état colloïdal, ces solutions sont optiquement vides et perdent les propriétés qui traduisent la polarité de la micelle.

Ces solutions admettent, même à concentration élevée et sans que leur stabilité soit altérée, des solutions formiques de divers ions [(Na, K, Mg), ions lourds et floculants (Fe, Cr) ou agents de précipitation (tannin, CCl^3CO^2H)]. *La chaleur* augmente simplement la fluidité de ces solutions. Mais pour tous les protides ainsi dissous, l'addition de la solution aqueuse d'un sel minéral suffit à faire réapparaître la coagulation irréversible sous l'action de la chaleur : cette expérience caractéristique délimite le domaine propre à chaque espèce de solution : solution *aliphatique vraie* et solution *aqueuse colloïdale*.

Les solvants organiques, qui en général floculent les solutions aqueuses de protides, se comportent tout autrement vis-à-vis de leurs solutions aliphatiques :

a. Les uns, alcool méthylique, chloroforme, pyridine, cyclohexanol, peuvent être ajoutés, en toute concentration, sans entraîner de floculation.

b. D'autres, alcool éthylique, cétone, entraînent rapidement la floculation.

Toutefois ce deuxième groupe ne manifeste plus son action floculante si les solutions aliphatiques sont préalablement additionnées d'une quantité suffisante de formol ou de l'un des solvants du premier groupe.

2. *Manifestation des propriétés organoleptiques.* — La dilution par l'eau entraîne la floculation immédiate des solutions qui avaient admis précédemment divers ions lourds ou substances floculantes. Ces floculations sont réversibles : elles disparaissent par action de la chaleur et réapparaissent par refroidissement. Ce cycle peut être répété, ce qui montre l'influence des facteurs physico-chimiques sur l'état du système [1].

D'une façon générale, l'addition d'eau suffit à conférer l'état colloïdal à ces solutions aliphatiques qui présentent dès lors l'effet Tyndall, l'état micellaire et les phénomènes d'adsorption et de floculation.

3. *Propriétés chimiques particulières aux solutions aliphatiques de protides.*

---

[1] Système constitué par le protide et le sel floculant d'une part, et par le rapport entre les diélectriques d'autre part.

— L'*aldéhyde formique* anhydre (introduit soit sous forme de trioxyméthylène décomposé par la chaleur, soit en solution méthylique) exerce une action dont le sens dépend de la concentration (C) en protides :

Pour $C > 10$ pour 100, il entraîne la gélification irréversible de la solution ;

Pour $C < 10$ pour 100, la solution inaltérée devient protégée contre l'action floculante de l'acétone.

D'autre part, dans ces milieux aliphatiques, la *nitration des protides* s'effectue avec une régularité remarquable. La caséine, en solution acétoformique et en présence d'une quantité convenable de HCl et NO^3H (acides purs), donne ($t° < 45°$) un dérivé de nitration précipitant par addition d'eau et ayant gardé les propriétés caractéristiques de l'état colloïdal : la *kératine* (provenant de cheveux humains, des poils de lapins, etc.) donne de même un dérivé nitré, soluble dans l'ammoniaque dilué et dans HCO^2H, très peu soluble dans l'eau et dont les suspensions moussent abondamment.

En résumé, les solutions aliphatiques des constituants biochimiques — les protides en particulier — étant des solutions vraies ne manifestent plus les propriétés spécifiques de l'état colloïdal : la simple dilution par l'eau suffit à les faire apparaître. Il est à remarquer d'autre part que ces solutions aliphatiques ont l'intérêt de permettre l'introduction des constituants biochimiques dans d'autres milieux organiques, les celluloses par exemple.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'hydrolyse fermentaire de la gélatine dans ses rapports avec la formation des diacipipérazines.* Note de M. A. **Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une Note précédente [1], j'ai signalé une relation apparente entre l'azote des diacipipérazines formées dans l'hydrolyse fermentaire des protéines et la teneur de celles-ci en amino-acides (leucine, proline, phénylalanine, acide glutamique) connus pour fournir des anhydres particulièrement résistants à l'hydrolyse. Il était donc indispensable de chercher à étendre ces résultats à d'autres types de protéines.

La gélatine, très différente, tant de l'ovalbumine que de la gliadine par son comportement chimique, m'a paru se prêter à cette recherche. Elle renferme suivant Dakin [2] :

---

[1] A. Blanchetière, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 784.

[2] H. D. Dakin, *Journ. biol. chem.*, 44, 1920, p. 524.

	Pour 100.
Leucine	7,1
Proline	9,5
Phénylalanine	1,4
Acide glutamique	5,8

et, par suite, le pour 100 de N total qui leur appartient est

$$1/100.(7,1 \times 10,69 + 1,4 \times 8,49 + 5,8 \times 9,5 + 9,5 \times 12,17) = 2,48,$$

chiffre voisin de celui de l'ovalbumine, soit 2,55, et inférieur, de près de moitié, à celui de la gliadine, soit 5,26.

Soumise aux digestions pepsique et trypsique dans les mêmes conditions que les protéines précédentes, sa teneur en diacipipérazines exprimée en N pour 100 de N total a été :

Nombre de jours d'incubation à 37°.	Digestion.	
	Pepsique.	Trypsique.
0	1,92	1,92
14	9,18	11,43
33	12,58	11,13
55	20,0	31,2
75	22,5	28,3
109	22,8	12,7

Contrairement aux résultats précédemment obtenus, la digestion trypsique a été moins régulière que la digestion pepsique, et les deux courbes ne présentent pas la variation inverse régulièrement observée jusqu'ici, points qui réclament un nouvel examen.

Au moment du maximum d'obtention de N diacipipérazique sous l'influence de la pepsine, on a un rapport :

$$\frac{\text{N diacipipérazique gélatine}}{\text{N diacipipérazique ovalbumine}} = \frac{22,8}{35,36} = 0,64,$$

le rapport des pour 100 de N appartenant aux amino-acides indiqués plus haut est égal à $\frac{2,48}{2,55}$, soit 0,97.

De même

$$\frac{\text{N diacipipérazique gélatine}}{\text{N diacipipérazique gliadine}} = \frac{22,8}{77,1} = 0,295,$$

le rapport de N pour 100 des acides aminés à anhydrides résistants étant $\frac{2,58}{5,26} = 0,471$.

Dans la gélatine, il y a donc un déficit de $\frac{1}{3}$ environ dans N diacipipérazique sur les quantités qu'on serait en droit d'attendre d'après les quotients de N des anhydrides résistants. Un autre facteur doit donc intervenir, vraisemblablement présence d'autres anhydrides de résistance encore inconnue.

La gélatine se comporte donc de façon entièrement différente des deux autres protéines envisagées, et, à ce point de vue, mes conclusions concordent avec celles de Levene et Bass (1), basées sur les vitesses de racémisation; mais alors qu'ils admettent que la molécule de gélatine peut être partiellement formée de cyclopeptides et que rien ne peut faire admettre que celle d'ovalbumine en renferme (2), mes propres résultats tendent, par une méthode directe, à prouver que les deux protéines ont une structure cyclopeptidique, l'ovalbumine ayant même une richesse plus marquée en azote relié à ces cycles que la gélatine. A ce point de vue mes recherches se rapprochent de celles de J. Enselme (3), qui signale que les courbes d'hydrolyse de la gélatine et de l'ovalbumine aboutissent à des plateaux analogues à ceux fournis par les cyclopeptides de synthèse.

Ces divers résultats ne sont pas incompatibles, si l'on admet que sur les cycles se greffent des chaînes peptidiques.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Le rôle du porc-épic comme réservoir de virus du spirochète marocain*, Sp. hispanicum *var.* marocanum *Nicolle et Anderson*, 1928. Note de M. **P. Delanoë**, présentée par M. F. Mesnil.

La fréquence avec laquelle j'ai rencontré des spirochètes chez les ornithodores des terriers de porcs-épics (4) et la démonstration de la sensibilité du porc-épic au spirochète de l'ornithodore des terriers faite par Ch. Nicolle et Ch. Anderson (5) devaient m'inciter à rechercher quel pouvait être le rôle du porc-épic comme réservoir de virus du spirochète marocain.

Sur 17 porcs-épics dont 2 jeunes et les autres adultes plus ou moins âgés, *une seule fois*, chez une jeune femelle, nous avons pu déceler la présence du spirochète dans le sang du cœur : 5^{cm^3} de sang, recueillis par ponction du

(1) P. A. Levene et L. W. Bass, *Jour. biol. chem.*, 82, 1929, p. 171-190.
(2) P. A. Levene, L. W. Bass et R. E. Steiger, *Jour. biol. chem.*, 81, 1929, p. 697.
(3) J. Enselme, *Thèse* Sciences, Lyon, 1930.
(4) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1013.
(5) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 224.

cœur, sont inoculés à deux cobayes à raison de $2^{cm^3},5$ de sang par animal. L'un des cobayes ne s'infecte pas; l'autre réalise une infection récurrente typique.

Toutes les autres fois, l'inoculation du sang du cœur à des cobayes est restée sans effet. Il est donc tout à fait exceptionnel de rencontrer le spirochète dans la circulation du porc-épic.

Deux fois, chez des porcs-épics adultes, je ne me suis pas contenté d'injecter le sang du cœur. J'ai aussi inoculé à des cobayes, sans arriver à les infecter, le produit de broyage des centres nerveux.

C'est en étudiant l'immunité active des porcs-épics adultes et aussi les propriétés protectives de leurs sérums que des résultats tout à fait concluants ont été obtenus.

Chez 7 porcs-épics adultes, dont nous avons éprouvé l'immunité par une injection très forte de virus dans le péritoine (le mode d'inoculation le plus sévère), 6 fois les porcs-épics se sont montrés absolument réfractaires à l'infection et une fois seulement nous avons obtenu une infection indiscutable, d'une durée d'une vingtaine de jours, avec des spirochètes tellement rares dans le sang qu'ils n'ont jamais été décelés à l'examen microscopique et qu'il a fallu recourir à l'inoculation du sang à des cobayes. *Donc, dans la grande majorité des cas, les porcs-épics adultes se sont montrés fortement immunisés.* Quelle preuve plus éclatante donner de leur rôle comme réservoir de virus!

Les caractères de cette immunité méritent qu'on y insiste. Premièrement elle est très accusée; des doses très élevées de virus restent absolument sans effet; dans un cas, nous avons inoculé sans résultat la dose énorme de $10^{cm^3},5$ de sang d'un cobaye très riche en spirochètes. Cette immunité est si solide que l'on croirait au premier abord que le porc-épic est réfractaire plutôt qu'immun. Deuxièmement, cette immunité est polyvalente. J'entends par là qu'elle s'exerce à l'égard de spirochète de n'importe quelle origine. Ainsi on peut sans dommage inoculer à un porc-épic un spirochète isolé d'ornithodores provenant d'un terrier placé à plus de 100^{km} de son lieu de capture : l'immunité ne se laisse pas vaincre. Cette immunité naturelle laisse donc bien loin derrière elle l'immunité de laboratoire que nous avons réussi à constituer chez des cobayes. Dans un but de comparaison entre deux spirochètes de l'ornithodore des terriers, nous avons été amené à immuniser un grand nombre de cobayes soit avec l'un soit avec l'autre de ces spirochètes. Rien de plus facile que d'immuniser le cobaye, même fortement, à l'égard de l'un de ces spirochètes. Les difficultés

ne commencent que quand l'épreuve d'immunité est faite avec l'échantillon voisin. Alors il faut faire très attention aux doses. Seules les doses faibles donnent des chances de succès et démontrent l'immunité croisée. Mais pour peu que les doses s'élèvent, cette immunité croisée ne joue plus. Dans l'immunité naturelle du porc-épic, nous n'avons pas à compter avec ces particularités. Nous pouvons nous servir de n'importe quel virus et de n'importe quelle dose : l'immunité s'affirme toujours. Il est incontestable que la nature ici fait les choses bien mieux que l'homme. Enfin cette immunité est durable. Nous l'avons constatée chez des porcs-épics capturés depuis un et même deux mois.

La solide immunité polyvalente du porc-épic s'explique à mon avis par le fait que l'animal, au cours de son existence, *change de terrier*. Il est ainsi amené à être piqué par un grand nombre d'ornithodores infectants : d'où l'immunité polyvalente.

L'immunité du porc-épic peut aussi se manifester par l'étude de la propriété protectrice du sérum. Nous ne parlons pas des propriétés agglutinante et spirochétolytique que nous avons étudiées dans quelques cas et que nous avons pu mettre en évidence. Elles ont moins d'importance à notre avis que la propriété protectrice. Cette propriété a été étudiée en mélangeant, un quart d'heure durant, à la température du laboratoire, qui a pu, selon les saisons, varier de 18 à 22°, des quantités données de sérum ($\frac{2}{10}$, $\frac{1}{2}$, 1 et 2$^{cm^3}$) et une goutte de sang citraté de cobaye contenant un nombre plus ou moins grand de spirochètes. Il est évident qu'il faut une dose d'autant plus forte de sérum pour protéger que les spirochètes sont plus nombreux. Pour être à l'abri de toute critique, mes expériences auraient dû comporter une série de cobayes « témoins » inoculés avec un mélange fait d'une goutte de sang à spirochètes et de sérum d'un porc-épic neuf, *sûrement indemne de spirochétose*. Mais comme au Maroc je ne pouvais avoir en toute certitude de tels animaux, obligation fut de me passer de ces cobayes « témoins ». Malgré cette défectuosité, mes résultats méritent créance puisque sur quatre porcs-épics, dont nous avons éprouvé l'immunité par l'inoculation intrapéritonéale d'une haute dose de virus et dont le pouvoir protecteur des sérums a été étudié, trois fois les sérums se sont montrés protecteurs et une fois l'action protectrice fut reconnue très faible. Or les trois sérums protecteurs appartenaient à des porcs-épics nettement immunisés et le sérum faiblement protecteur provenait justement du seul porc-épic que nous avons réussi à infecter.

Nos résultats sur l'action protectrice des sérums peuvent donc être tenus en considération. Aussi croyons-nous devoir mentionner ici les résultats

obtenus avec les porcs-épics dont nous n'avons étudié que la seule action protectrice du sérum sans pouvoir mettre directement à l'épreuve leur immunité, car leur mort, du fait de graves blessures, survenait trop tôt.

Sur quatre porcs-épics gravement blessés, deux fois le sérum s'est montré nettement protecteur; une fois, il fut légèrement protecteur et une fois enfin, il fut dépourvu d'action protectrice. Ces résultats sont moins tranchés que ceux que nous avons obtenus avec les porcs-épics bien portants, susceptibles d'une longue survie. Il se peut que la gravité des blessures ait retenti sur les qualités des sérums.

Quoi qu'il en soit, *le fait incontestable est que les porcs-épics adultes sont le plus souvent très fortement immunisés*. Aussi, pour avoir des chances d'isoler le spirochète du sang circulant, faut-il s'adresser à des animaux jeunes, le plus jeunes possibles. L'idéal serait évidemment d'avoir affaire à des animaux âgés seulement de 15 à 30 jours, car l'infection commence certainement très tôt puisque, dans le nid même du porc-épic, il existe non seulement de nombreuses puces, mais aussi de nombreux ornithodores. Il est malheureusement impossible de se procurer ces très jeunes animaux. La mère les garde jalousement au fond des terriers et ceux-ci sont inaccessibles.

A $15^h 45^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

E. P.

ERRATA.

Note de M. *Gr. C. Moisil*, Sur l'équation $\Delta u = 0$:

Page 984, remplacer les formules (1) par les suivantes :

$$\sigma_0 = \begin{Vmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{Vmatrix}, \qquad \sigma_1 = \begin{Vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{Vmatrix},$$

$$\sigma_2 = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{Vmatrix}, \qquad \sigma_3 = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}.$$

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-ONZIÈME.